الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية

Natural Energy and Vernacular Architecture

حسن فتحي

Hassan Fathy



الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية

إن موضوع العمارة التقليدية يقدم الكثير من المفاهيم التي يمكن استخدامها اليوم لحل كثير من مشاكل الإسكان المستعصية والتي تواجه الملايين في العالم الثالث.

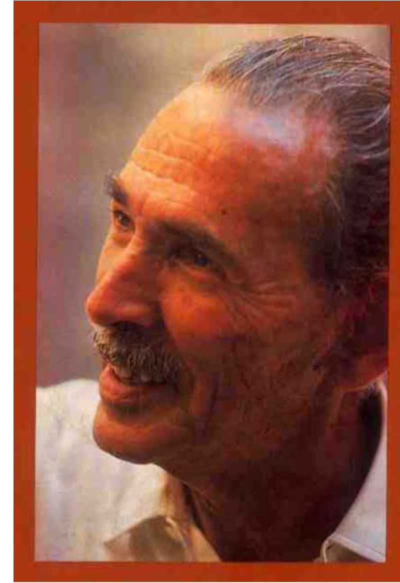
ولتوضيح هذا الأمر، وقع اختيار القائمين على برنامج الطاقة في جامعة الأمم المتحدة على أمثلة من العمارة التقليدية في الأقاليم ذات المناخ الجاف الحار في العالم العربي والأقاليم المجاورة. وتوافرت القناعة بأن الأستاذ حسن فتحي هو أكثر المؤهلين للكتابة في هذا الموضوع لأنه منذ أكثر من نصف قرن، معماري مميز، وخبير بالعمارة التقليدية، خاصة في العالم العربي. كما يتضح في أعماله الدور الذي يمكن للعمارة التقليدية أن تلعبه في تحسين البيئة السكنية والمعيشية للطبقات الفقيرة في العالم الثالث. وكمنظّر وممارس للتصميم والتخطيط البيئي بنى الأستاذ حسن فتحي منهجه معتمداً على مجموعة من المبادىء تؤكد قيمة العمارة التقليدية وكيفية تطبيقها في عديد من الحالات أهمها أن الشكل المعماري يجب أن يتقرر تبعاً لاعتبارات روحية، وفنية، ومناخية، واجتماعية، إضافة إلى الاعتبارات الوظيفية والإنشائية ومواد الانشاء. وهو يركّز على أهمية إدخال بعض العوامل الأخرى، كالملاءمة ما بين العناصر المختلفة.





THE UNITED NATIONS UNIVERSITY

المؤسسة العربية للدراسات والنشر
بناية برج الكارلتون ـ ساقية الجنزير ـ
ت ٨٠٧٩٠٠/١ برقياً «موكيالي»
بيروت ـ ص. ب: ١١/٥٤٦٠ بيروت
تلكس: LE/DIRKAY ـ ٤٠٠٦٧



"كمهندس طالما أملك القدرة والوسيلة لإراحة الناس
فإن الله لن يغفر لي مطلقاً ان ارفع الحرارة داخل
البيت 17 درجة مئوية متعمدا"

"من الخطأ الفادح إدخال أى عنصر تصميمى يؤدى
الى
زيادة درجة الحرارة و لو درجة واحدة
أو
تقليل سرعة حركة الهواء و لو سنتيمتر واحد
فى الثانية"

موقع حسن فتحى
http://www.hassanfathy.webs.com

الطّاقات الطبيعيّة والعمارة التقليديّة

حسن فتحي

الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية

Natural Energy and Vernacular Architecture

مبادئ وأمثلة
من المناخ الجاف الحار

جامعة الأمم المتحدة - طوكيو

تحرير
والتر شيرور
و
عبد الرحمن أحمد سلطان



المؤسسة العربية للدراسات والنشر

Published originally in English in 1986 by the United Nations University and the University of Chicago Press as *Natural Energy and Vernacular Architecture: Principles and Examples with Reference to Hot Arid Climates*,, by Hassan Fathy.

Arabic edition published 1988





THE UNITED NATIONS UNIVERSITY

المؤسسة العربية
للدراسات والنشر
بناية برج الكارلتون - ساقية الجنزير -
ت ٨٠٧٩٠٠/١ برقياً «موكيالي»
بيروت - ص.ب : ١١/٥٤٦٠ بيروت
تلكس : LE/DIRKAY - ٤٠٠٦٧

الطبعة الأولى ١٩٨٨

حسن فتحي مهندس معماري مصري درّس في كلية الفنون الجميلة بالقاهرة وكان رئيس قسم العمارة بها، حاز الميدالية الذهبية لاتحاد المعماريين الدولي وجائزة الحكومة المصرية للفنون والآداب، وجائزة أغاخان للعمارة، وألّف كتاب «العمارة للفقراء» الذي نشرته مطبعة جامعة شيكاجو.

يتقدم المؤلف وجامعة الأمم المتحدة بالشكر للدكتور عبد الرحمٰن أحمد سلطان لتفضله بالسماح بإعادة إنتاج صوره الفوتوغرافية ذات حقوق الطبع المحفوظة والتي تظهر في الأشكال رقم ١٨، ٢٢، ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٠، ٧٢ وكذلك بتحضير جميع الرسومات الواردة في هذا الكتاب، باستثناء الرسم في الشكل رقم (٧٩).

هذا الكتاب نشرته مطبعة جامعة شيكاجو بالإنجليزية في عام ١٩٨٦، وتولت ترجمته المؤسسة العربية للدراسات والنشر في بيروت لنشره في عام ١٩٨٨.

المحتويات

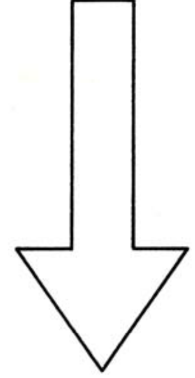
الجزء الأول
الإنسان والبيئة الطبيعية والعمارة

الجزء الثاني
الطاقات الطبيعية والعمارة التقليدية

الملاحق

قائمة الأشكال

قائمة الجداول



الطّاقات الطّبيعيّة والعمارة التّقليديّة

جامعة الأمم المتحدة - طوكيو

المؤسسة العربيّة - بيروت

مقدّمة

يعيش مئات الملايين في العالم الآن في مساكن غير ملائمة وظروف مناخية قاسية تدفع بهم، إضافة إلى ما تعانيه أجسامهم من سوء التغذية، إلى أقصى حدود تحمّل الإنسان وأكثر. ونتيجة للفقر الذي يعانونه فهم، في الغالب لا يقدرون على تدبّر حاجاتهم الضرورية من الطاقة لتوفير الشروط المناخية الصحيّة داخل مساكنهم، بينما استطاع أجدادهم ولقرون عديدة أن يظلوا أحياء تحت نفس الظروف وأن يعيشوا براحة في مساكن تقليدية، لأنهم استفادوا من الطاقة التي توافرت في بيئتهم المحلية. اعتمدت مجتمعات تقليدية كثيرة، في الأقاليم ذات المناخ البارد على الأخشاب والمخلّفات العضوية كمصدر أساسي للتدفئة. أما فيما يختص بالذين يعيشون في أقاليم ذات مناخ حار وجاف فالمشكلة تختلف: نهار شديد الحرارة وليل لا يخلو من البرودة، ونسبة رطوبة منخفضة. لذا فالأخشاب وحدها ليست كافية لحل مشكلة مناخية من هذا النوع، واعتمدت الحلول التي تم التوصل إليها على طاقة الشمس وطاقة الرياح الطبيعيتين، بالإضافة إلى أشكال وأنماط بنائية مبتكرة تم تطويرها لاستغلال الطاقات الطبيعية، وقد قدمت العمارة التقليدية في العالم العربي والأقاليم المجاورة حلولاً ليست فقط للمشاكل المناخية بل وسخّرت هذه الحلول

لخدمة الوظائف الجمالية والحسية والاجتماعية. وهذا الكتاب يصف بعض عناصر العمارة التقليدية التي طوّرتها تلك المجتمعات على مدى أجيال متلاحقة لتوفير مناخ محلي مريح (Comfortable Microclimate)، وذلك باستخدام الطاقة الطبيعية. وليس هدفنا الوحيد زيادة معرفتنا العلمية وتقدير القيم الجمالية للعمارة التقليدية وحسب، بل إن هذا الموضوع يجعلنا نعي أهمية ما يمكن للعمارة التقليدية أن تقدّمه لحل كثير من مشكلاتنا المعاصرة. وقد أدّى عجز المجتمعات التقليدية في البلدان النامية، وفي بعض المراكز الحضرية في البلدان الصناعية، عن مناغمة إيقاع التطور الاقتصادي السريع إلى وصف تلك المجتمعات التقليدية بالرجعية والبدائية واللاعقلانية والسذاجة وقلّة التعقيد، وفي أفضل الحالات بكونها طريفة بحكم كونها غير مألوفة. كذلك يتخذ من حالة الفقر التي تعيشها تلك المجتمعات دليلاً على جهلها وقلة معرفتها بالعالم الحقيقي وعدم قدرتها على التعامل معه.

يغيب عن الأذهان، عادة، أن معظم هذه المجتمعات، أو تلك التي انبثقت عنها كانت، ولفترة طويلة من الزمان، أكثر تعقيداً وتفوقاً في ذلك الوقت عمّا أصبحت عليه اليوم مجتمعات صناعية متطورة. إن بقاء واستمرارية المجتمعات التقليدية عبر مئات وآلاف السنين لهو دليل على امتلاكها قدراً من المعرفة يمكن أن يكون مفيداً بذاته أو باتخاذه أساساً لتطورات جديدة.

ومن العجب أن أفراد المجتمعات الفقيرة هذه، هم الأوصياء على هذه المعارف القيِّمة التي يمكن أن تلعب دوراً هاماً في التخفيف من حدّة الفقر وبؤسه.

إن أساليب التكنولوجيا التقليدية المستخدمة نادراً ما تكون مكلفة سواء من ناحية المواد أو الطاقة، لذا فإنها تكون اقتصادياً في متناول اليد فضلاً عن كونها قابلة للاستيعاب والفهم من قبل مستخدميها. لذلك فإن هذه المجتمعات، من ناحية منطقية وأخلاقية، هي الأحق بالاستفادة من

هذه المعرفة. ونحن بحاجة إلى الكثير من الجهد والعمل أيضاً لإقناع أفراد هذه المجتمعات الفقيرة بإعادة النظر في التراث لإيجاد حلول للكثير من المشاكل التي يعانونها. ومن المهم أن تقوم القيادات السياسية والاقتصادية والاجتماعية، بالإضافة إلى الحكومات والمؤسسات والأفراد الذين لديهم رغبة في المساعدة، بتوفير التشجيع اللازم. ومن الحكمة التذكير بأن الحلول العصرية، إضافة إلى كونها باهظة الثمن فقد تكون في معظم الأحيان غير ملائمة للظروف المحلية، المناخية، البيئية، الاجتماعية، الاقتصادية، الثقافية.

إن النظرة الواقعية لأحوال الكثير من المجتمعات الفقيرة تقودنا إلى الاعتقاد بأن اتّباعها للأساليب التقليدية التي ثبت عدم كفاءتها في تطوير الأحوال الاقتصادية هو السبب الرئيسي في تردّي أحوالها. وفي هذا القول بعض من الصحّة، إذ إن الأساليب التقليدية في الكثير من الحالات لم تعد مناسبة ولا كافية وذلك بعد تعرّض تلك المجتمعات لتطورات جذرية، كالزيادة الكبيرة في عدد السكان، أو تعرّضها لتغيّرات مناخية وبيئية غالباً بسبب سوء استغلال المصادر الطبيعية، أو التقلص والتناقص المستمر في قيمة منتجاتها التقليدية. وفي معظم الأحيان، يتم التخلّي عن تطوير الحلول التقليدية في مقابل الحلول العصرية الجاهزة. ولسوء الحظ فإن هذه الطريقة استبدلت الأدوات والطرق والمناهج التقليدية، بأُخرى عصرية غير ملائمة للأحوال المحلية وتجرّب لأول مرة.

إن ما نحتاجه فعلاً هو تقييم للظروف التي تصبح الحلول التقليدية، في ضوئها، قابلة للتطبيق، تكنولوجياً وبيئياً واقتصادياً واجتماعياً، فيمكن عندها الانتفاع بها. كما أن مشاركة المجتمعات التي تتشابه أحوالها بعضها لبعض فيما يتعلق بهذه المعارف مفيدة جداً. وقد يتبع عملية التقييم هذه استبعاد لبعض الحلول التقليدية لعدم ملاءمتها، إلا أن المعرفة التي انطوت عليها هذه الحلول قد يُعاد استخدامها لتطوير حلول أكثر تمشياً مع الأحوال الاقتصادية، والبيئية للمجتمع المحلي. وبدلاً من إهمال الحلول التقليدية كليّة، يمكننا أن نقوم بتطويرها باستخدام المواد الجديدة والمعرفة الحديثة.

ومن حسن الحظ أن الاكتشافات الحديثة لقيمة وأهمية الأنماط التقليدية في مجالات الطب والتكنولوجيا والزراعة، قد أدّت إلى اهتمام متزايد بمعارف ما قبل الثورة الصناعية. وتعدّ هذه المعارف المحور الأساسي في مشروع جديد لجامعة الأمم المتحدة هو أرشيف المعرفة التراثية، باعتبارها جزءاً مهماً من التراث الإنساني.

إن موضوع العمارة التقليدية يقدم الكثير من المفاهيم التي يمكن استخدامها اليوم لحل كثير من مشاكل الإسكان المستعصية والتي تواجه الملايين في العالم الثالث.

ولتوضيح هذا الأمر، وقع اختيار القائمين على برنامج الطاقة في جامعة الأمم المتحدة على أمثلة من العمارة التقليدية في الأقاليم ذات المناخ الجاف الحار في العالم العربي والأقاليم المجاورة. وتوافرت القناعة بأن الأستاذ حسن فتحي هو أكثر المؤهلين للكتابة في هذا الموضوع لأنه منذ أكثر من نصف قرن، معماري مميز، وخبير بالعمارة التقليدية، خاصة في العالم العربي. كما يتضح في أعماله الدور الذي يمكن للعمارة التقليدية أن تلعبه في تحسين البيئة السكنية والمعيشية للطبقات الفقيرة في العالم الثالث. وكمنظّر وممارس للتصميم والتخطيط البيئي بنى الأستاذ حسن فتحي منهجه معتمداً على مجموعة من المبادىء تؤكد قيمة العمارة التقليدية وكيفية تطبيقها في عديد من الحالات أهمها أن الشكل المعماري يجب أن يتقرر تبعاً لاعتبارات روحية، وفنية، مناخية، واجتماعية، إضافة إلى الاعتبارات الوظيفية والإنشائية ومواد الإنشاء. وهو يركّز على أهمية إدخال بعض العوامل الأخرى، كالملاءمة ما بين العناصر المختلفة. ومن هذه العوامل أيضاً أن تكون التصميمات المعمارية ملائمة للأحوال المحلية. وهو بذلك يستبعد إمكانية الوصول إلى تصميمات معمارية عالمية صالحة لكل إقليم ومناخ. كما أوضح أيضاً ضرورة استغلال مواد الإنشاء المتوافرة من البيئة الطبيعية المحلية، إلى أبعد الحدود، واستخدام أساليب البناء التقليدية المطوّرة لملاءمة ظروف وحاجات الحياة العصرية، هذا

بالإضافة إلى ضرورة العناية بالأمور المناخية عند وضع التصميمات المعمارية المناسبة.

كما بيَّن كذلك ضرورة تلاؤم تكلفة أساليب وتكنولوجيا البناء والمواد مع الظروف الاقتصادية والقدرات المالية للمنتفعين ـ وليس العكس، وهذا الأمر يوضح أهمية مشاركة المواطنين في عملية التصميم وبالتالي تكون هذه العملية نتاجاً مشتركاً بين المواطن والمصمم والمقاول.

هذا يعني أن مهمة المعماري ليست تجسيداً لآرائه الخاصة على هيئة أبنية، بقدر ضرورة أن تكون تصميماته انعكاساً للمجتمع المحلي، إنساناً وتراثاً. وفي النهاية يصرّ الأستاذ حسن فتحي على ضرورة أن يقوم المعماريون بتحليل عناصر العمارة التقليدية وأساليبها باستخدام المناهج العلمية دونما إغفال للنواحي الاجتماعية والثقافية قبل التسرّع باتخاذ أيّ قرار بنبذها وطرحها جانباً. ونحن بحاجة أيضاً إلى تحليل مماثل لعناصر العمارة الحديثة وأساليبها قبل اعتماد أيٍّ منها وتطبيقه.

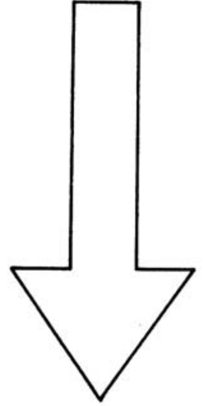
ولهذه المناهج في أعمال الأستاذ حسن فتحي تطبيقات عملية تُظهر إمكانية الإفادة منها في وضع حلول قابلة للتطوير، لحل المشكلات التي تعاني منها العمارة المعاصرة وخصوصاً مشكلة الإسكان في العالم الثالث.

وتهدف جامعة الأمم المتحدة من تقديم هذه الدراسة إلى تعميق الفهم للمبادىء السالفة الذكر، وإظهار الحسّ الجمالي والبراعة اللتين انطوت عليهما تلك الحلول التقليدية، وزيادة المشاركة في تبادل تلك الحلول بين شعوب العالم العربي والمناطق المجاورة ـ حيث تم ابتكارها أصلاً ـ وبين شعوب الأقاليم ذات المناخ الحار الجاف في مناطق أخرى من العالم.

لقد أتاح لي دوري في تحرير الكتاب فرصة سارة للعمل، ليس فقط مع المؤلف، بل أيضاً مع أحد تلاميذه، الدكتور عبد الرحمن أحمد سلطان الذي كانت مساهمته أمراً لا غنى عنه لجعل التحرير بهذه الدقة. ويعود

ذلك لزمالته الطويلة للمؤلف، ومعرفته العميقة بأعماله. وبالإضافة إلى جهد الدكتور عبد الرحمن سلطان ومعرفته بالمؤلف فقد قدّم العديد من الصور الفوتوغرافية من مجموعته الخاصة، وقام بإعداد الرسومات للنشر.

والتر شيرر
مسؤول أول للبرامج
جامعة الأمم المتحدة



تمهيد

منذ القِدم والإنسان يتفاعل مع بيئته (environment) معتمداً على قدراته الشخصية لتطوير تقنيات وتكنولوجيا لتلبية حاجاته المختلفة. وكان هذا التفاعل مصحوباً دائماً باتزان نفسي داخلي مع الطبيعة، بحيث أدى منذ البداية إلى تناغم بين البيئة وحياة الإنسان. وكان كلُّ ما يصنعه الإنسان طبيعياً لأن المواد التي كان يصنع منها هي المواد المتوافرة في بيئته الطبيعية.

وأدى تطور مهارة الإنسان في التعامل مع خامات الطين والحجر والرخام والخشب إلى فهم دقيق وعميق لخصائص كلٍّ منها، ثم وظّف الإنسان هذه القدرة في التعبير عن أحاسيسه الإلٰهية. فقد عرف الصينيون والهنود واليونان وغيرهم كيف يمكن للعمارة أن تكون في انسجام مع البيئة، ومن نتيجة هذه المعرفة نجد المعابد الفرعونية في الكرنك ومساجد المسلمين العظيمة وكاتدرائية شارترز في فرنسا.

وبحلول الثورة الصناعية فقدنا تلك الأساليب التقنية الموروثة والمعرفة الإبداعية اللتين اعتمدتا على الحِرَف اليدوية. وقلّصت الأدوات الميكانيكية، التي تحتاج في عملها إلى كمية كبيرة من الطاقة، مساهمة

الإنسان الفردية، الشخصية، في عملية التصنيع وإقامة المنشآت وإنتاج الغذاء. وكلما قلّت الحاجة للمسات الصانع الإبداعية على ما يصنعه تقل قيمته الفنية. ويمكن اليوم مشاهدة الاضطرابات الاقتصادية والسياسية التي حدثت نتيجة لذلك، فبعد أن كان إنتاج الأشياء الجميلة حقاً للملايين أصبح الإنتاج ـ حتى إنتاج الرغيف ـ اليوم حكراً لفئة صغيرة من أصحاب الصناعات.

أظهرت لي ستون عاماً من الخبرة أن التصنيع والميكنة في مجال البناء قد أديا إلى تغيرات كبيرة في أساليب البناء وتطبيقاتها المختلفة في أنحاء متعددة من العالم. ويؤدي الاحتكاك المتزايد بالمجتمعات المتقدمة صناعياً إلى إضعاف تلك الحضارات التي تطورت فيها الحِرَف وإلى حدوث الاضطرابات فيها باستمرار. كما تؤدي زيادة الاحتكاك والتداخل إلى تغيرات مفاجئة مما يخلق عدم اتزان في البيئة والمجتمع وظلماً اقتصادياً يزداد عدداً ونوعاً.

وإن أكثر الناس تأثراً هم الذين تضطرهم حاجتهم إلى استهلاك تلك البضائع المنتجة صناعياً. وتكون النتيجة دماراً ثقافياً ونفسانياً وأخلاقياً ومادياً. بيد أن هؤلاء الناس أنفسهم هم الذين يملكون المعرفة الدقيقة لكيفية العيش في انسجام مع البيئة المحيطة، فقد أدّت الخبرات التي تراكمت عبر آلاف السنين إلى تطوير لأنماط بناء قليلة التكاليف توظف فيها المواد المتوافرة محلياً والقدرة على تهيئة المناخ الملائم (climatization) باستخدام الطاقة التي توفرها البيئة الطبيعية المحلية، وتنظيم لفراغات المعيشة والعمل بحيث تتوافقان والمتطلبات الاجتماعية. وكانت هذه العمارة على درجة عالية من التعبير الفني.

ومهما يكن من أمر فقد اجتهدت في أن أتجنب الموقف الذي يتبناه كثير من المعماريين والمخططين الذين مارسوا المهنة فترة طويلة، إذ يعتقدون أن ليس في المجتمع ما يستحق اهتمام المعماري أو المخطِّط، وأن كل المشاكل يمكن حلّها باستيراد المعالجات الحضرية البالغة التعقيد.

وإذا كان الأمر لي، فإني أودّ أن أُقيم جسراً يصل عمارة الشعب بتلك التي يصنعها المعماري، فقد كنت دائماً أودّ أن أُقيم صلة ظاهرة ومتينة بين هاتين العمارتين في هيئة ملامح مشتركة تكون نقطة مرجعية مألوفة للطرفين، ينطلق منها الناس لتوسيع دائرة فهمهم لكل ما هو جديد، كما يمكن للمعماري أن يستعملها للحكم على مدى عمق وقوة ارتباط عمله بالناس وبالمكان.

إن المعماري في موقف فريد يمكنه من إعادة ثقة الناس في حضارتهم وذلك باستخدامه الأشكال المحلية لإثارة إعجاب الناس بها، فيبدأون بالنظر إلى ما ينتجونه بفخر واعتزاز. ومن الضروري أن تشمل النظرة هذه تلك المنتجات والأساليب التي يمتلك المجتمع المحلي المعرفة والمهارة الخاصة بهما. وهكذا ينهض الحِرَفي القروي إلى استعمال وتطوير الأشكال التقليدية المحلية بعد أن حازت احترام المعماري الممارِس للمهنة، وبذلك يمكن للإنسان العادي أن يفهم وبالتالي أن يقدِّر العمل الحِرَفي.

وعلى الرغم من ذلك، فإننا نشهد اليوم تغيراً يفرض انفصالاً تاماً عن علاقتنا بالماضي، بحيث انقلبت كل المفاهيم والقيم. ففيما يتعلق بتصميم المساكن في الشرق الأوسط، تغير تصميم المسكن إذ أصبحت معيشة الساكنين تطل خارجاً على الشارع العام بدلاً من إطلالها على الفناء الداخلي. وبدلاً من الهواء النقي العليل والصفاء والسكون التي يوفرها الفناء الداخلي تم احتضان الشارع بحرّه وغباره وضجيجه. واستبدلت القاعة بحجرة المعيشة العادية، ونبذت كلّ تلك المناظر المبهجة كالنافورة (الفسقية) **والملقف والسلسبيل** جانباً باسم التقدّم والتجديد.

وربما من وجهة النظر الوظيفية نجد أن تكييف الهواء ميكانيكياً أصبح ممكناً بوجود التكنولوجيا الحديثة، ولكننا يجب أن ندرك أن هذه التكنولوجيات لها دور ثقافي وحضاري أيضاً، إن هذا الدور الحضاري قد يكون أكثر أهمية من الوظيفة المؤداة، وعلى سبيل المثال نجد المكانة

الخاصة التي تحتلها الفنون الزخرفية في حضارات عديدة.

لذلك عندما قام المعماري المعاصر باستبدال تلك العناصر الزخرفية بأجهزة تكييف الهواء، خلق فراغاً كبيراً في حضارته. وهو أشبه ما يكون بالذي يلعب كرة القدم بمدفع، فإذا كان الغرض من اللعبة هو تسجيل الأهداف فقط، فإن بمقدوره تسجيل هدف مؤكد في كل ضربة، لكن عامل الإثارة، وهو الأهم، سوف ينتفي من اللعبة إلا في حالة أن تقتل الكرة حارس المرمى.

وكان كل تقدّم في مجال التكنولوجيا موجهاً نحو زيادة سيطرة الإنسان على بيئته، وعلى الرغم من ذلك فقد نجح الإنسان حتى وقت قريب، في المحافظة على اتزان معين بين كيانه الجسدي والروحي والعالم الخارجي. وقد يؤدي اختلال هذا التوازن إلى تأثيرات وراثية وفيزيولوجية ونفسانية ضارّة على حياة الإنسان. ومهما كان التقدم التكنولوجي سريعاً والتغير الاقتصادي جذرياً، فإن كل تغيّر يجب أن يكون متناسباً مع معدل تغيّر الإنسان ذاته. ويجب تقريب أفكار خبراء العلوم التكنولوجية والاقتصادية المجردة إلى أرض الواقع والطبيعة الإنسانية.

ومما يؤسف له أن المعماري المعاصر في العالم الثالث، بتحرره الفجائي من القيود التي فرضها عليه واقع إمكانياته التكنولوجية المحدودة، لم يعد قادراً على مقاومة الإغراء فأخذ ينهل من هذا السيل العارم من التكنولوجيا الحديثة التي توافرت له بدون التفكير في تأثيرها على النسيج المعقد لحضارته، وغير مدرك أن المدنيّة لا تُقاس بما يؤخذ من الغير بل بما يساهم به كل فرد في صنع حضارته، وظل يتمثل بأعمال المعماريين الغربيين في أوروبا وأمريكا الشمالية دون تقدير لقيمة تراثه المحلي الخاص.

ومن أجل تقدير قيمة تراثنا المعماري والحكم على التغيرات التي مرّ بها تبرز الحاجة لتحليل علمي لمفاهيم التصميم المختلفة وإيضاحٍ لمعاني كثير من المصطلحات التي يكثر استعمالها في الحديث عن العمارة،

كمصطلح «المعاصرة». . ويجب أن نفهم بوضوح الدور الذي تلعبه كلٌّ من العمارة وتخطيط المدن في تقدّم المدنية والحضارة، فالتغيّر شرط أساسي لحياتنا لكن مُثلنا العليا ليست ملزمة له، ويجب علينا دائماً أن نوجّه التغيير إلى ما هو أفضل وإلا كان للأسوأ، فالعمارة معنيّة بالإنسان والتكنولوجيا معاً، والتخطيط معنيٌّ بالمجتمع والتكنولوجيا والإنسان في آنٍ واحد.

تستخدم مفاهيم الماضي والحاضر والمستقبل في النقد المعماري دون أن يكون لها معنىً محدد، ويمتد المعنى الذي يؤدّيه «الحاضر» ليشمل الحقبة الحديثة بأكملها. لذلك، وحتى نتجنب التخبط يجب علينا أن نضع بعض المعايير التي يمكن الرجوع إليها وتتضمن مفهوم «المعاصرة» (Contemporaneity).

تعرّف كلمة «معاصر» (Contemporary) على أنها (موجود وحيّ ويحدث في وقت متزامن مع . . .) ويتضمن هذا المعنى مقارنة بين شيئين على الأقل دون إظهار للقبول من عدمه. ولكن نفس هذا التعريف وكما يستخدمه كثير من المعماريين قد يحمل مضموناً مختلفاً مثل (شيء وثيق الصلة بالعصر أو الزمن الذي يحدث خلاله) لذا يجب الموافقة عليه، أما كلمة (Anachronistic) فتعني (شيء لا صلة له بالزمن الذي يحدث خلاله) لذا فيستخدم في التعبير عن عدم الموافقة. وتثير هذه المفاهيم سؤالين عن المعنى المقصود بالزمن أو العصر الحاضر وعن المعنى المقصود بالصلة وبأي شيء تكون هذه الصلة.

وإذا حاولنا التوفيق بين التسلسل الزمني (chronological time) والمعاصرة بمفهومها الفني يصبح بإمكاننا القول انه حتى يكون العمل المعماري ذا صلة بالعصر، وبالتالي معاصراً، فإنه يجب أن يكون جزءاً من جميع تفاصيل الحياة اليومية بكل صخبها ونشاطها، ويجب أن ينسجم مع إيقاع الكون والمرحلة الحاضرة للمعرفة العلمية، الميكانيكية والإنسانية، وعلاقاتها الوثيقة بالتصميم المعماري والتخطيط.

ومن أجل الحكم على معيار المعاصرة يجب علينا إدراك القوى

الباعثة على التغيير وعدم اتباعها دون تمحيصها والتحكّم بها وتوجيهها إلى حيث نعتقد أنها يجب أن تتجه. وقد أظهر التحليل الفيزيائي والديناميكي الهوائي جدوى العديد من المفاهيم التي تضمنها تصميم المسكن في الماضي وأنها ما زالت صالحة إلى اليوم كما كانت صالحة في الماضي، وأن كثيراً مما يسمى «معاصراً» هو في حقيقة الأمر غير مواكب للعصر الحاضر إذا ما قِيسَ بنفس المعايير السابقة الذكر. لذا يجب أن نحدد كل ما هو أساسي وثابت وبالتالي يستحق المحافظة عليه وكل ما هو زائل وعابر ويمكن طرحه جانباً.

إن النظرة المستقبلية تكشف لنا أن الكثير من التطور والتغيّر المستقبلي تحدده أوضاع المرحلة السابقة له. ولو كان الوضع الحالي طبيعياً أو معاصراً حقيقةً لما كانت هناك مشكلة، إلا أن النظر إلى واقع العمارة في الوقت الحاضر، يظهر لنا خلاف ذلك. وأن المعماري هو المسئول عن إيجاد الحل المناسب عن طريق استئناف الصلة التي توقفت بالعمارة القديمة، وردم الهوّة التي تحول دون ذلك بتحليل عناصر التغيير مستخدماً أساليب التقنية الحديثة لتطوير تلك الطرق النافعة التي أسّسها أجدادنا، وابتكار حلول جديدة تَفِي بحاجاتنا العصرية.



الجزء الأول

الانسان والبيئة الطبيعية والعمارة

Man, Natural Environment And Architecture

الفصل الأوّل

العَمَارة وَالبيئة

Environment And Architecture

عند قيام أيّ مهندس بتصميم آلة أو جسر أو منظِّم (regulator) فإن كل خط في رسوماته يستند إلى قدر هائل من المبادىء والقوانين من عدد من العلوم الميكانيكية المختلفة. وهو يصمِّم الآلة لتتحمل قدراً معيناً من الإجهاد وتقوم بعمل محدد. وفي كلٍّ من هذين المظهرين يجب أن يطبّق كل ما تعلّمه في حقول متعددة كالفيزياء والديناميكا، وميكانيكا الإنشاء ومقاومة المواد، بالإضافة إلى وجوب توافر الخبرة الكافية لديه.

وعند قيام المعماري بتصميم مدينة أو مبنى فإن كل خط في تصميمه يتحـدد بتطبيق نفس مجموعة القوانين الميكانيكية المعقدة بالإضافة إلى مجموعة علوم أُخرى مجالها أقل تحديداً، وهي العلوم التي تتعلق بالإنسان في بيئته ومجتمعه. وهذه العلوم مثل علم الاجتماع والاقتصاد والمناخ ونظريات العمارة والجمال (aesthetics) ودراسة الحضارات ليست ـ من ناحية عامة ـ أقل أهمية للمعماري من العلوم الميكانيكية، وذلك لأنها تتعلق مباشرة بالإنسان ولأن العمارة وجدت من أجل الإنسان.

إن الجانب الميكانيكي من عمل المعماري الذي يضمن صمود البناء وتوفيره الحماية ضد العوامل المختلفة، وفاعلية أداء شارع المدينة لوظيفته، ليس أكثر من تمهيد لإبداعه الحقيقي. ولا يمكنه البدء بمحاولة حل معضلة تصميم المبنى إلا بعد توفير هذه المتطلبات الميكانيكية المبدئية. فهو شبيه بعازف البيانو الذي لا يمكنه أن يبرز معنى القطعة الموسيقية التي يعزفها قبل إتقانه طريقة العزف.

إن للآلة كياناً مستقلاً عن البيئة، فهي قليلة التأثّر بالمناخ، وعديمة التأثّر بالمجتمع. وعلى العكس من ذلك، فإن الإنسان جزء من كيان حيّ يتفاعل باستمرار مع بيئته فيغيِّرها وتغيِّره.

ويقدم لنا النبات مثالاً جيداً على التفاعل المتبادل بين الكائن الحيّ وبيئته. وذلك بالقدرة على تنظيم درجة الحرارة واستهلاك الماء، فحرارة التنفس (respiratory heat) الناتجة عن عمليات التمثيل الغذائي (metabolism) تؤدي إلى رفع درجة حرارتها تماماً كما يحدث في جسم الحيوان. كما يؤدّي تبخّر عرق النبتة (prespiration) إلى التبريد، إذ إن كل غرام من الماء يحتاج لتبخره من ٥٧٠ إلى ٦٠٠ سعر من النبتة، اعتماداً على درجة حرارة الهواء. وهكذا تؤثر النباتات على المناخ الموضعي لبيئتها وتضبط درجة حرارتها إلى حدٍّ معين، بحسب حاجاتها الخاصة بها.

بالطريقة ذاتها يتأثر المبنى بالبيئة، ويعتمد شكله على العوامل المتعلقة بمناخ الموقع والأبنية المحيطة أكثر من اعتماده على العوامل الاجتماعية والثقافية والاقتصادية بالرغم من أهميتها.

تأثير المناخ على الشكل المعماري

Effect of climate on Architectural form

يؤثر المناخ بوجه خاص على الشكل المعماري بطريقة يمكن ملاحظتها بسهولة. فعلى سبيل المثال، تقلّ نسبة مساحة النوافذ إلى مساحة الحائط كلما اقتربنا من خط الاستواء. ففي المناطق الدافئة يتجنب الناس وهج الشمس وحرارتها، ويظهر ذلك في نقصان مساحة النوافذ. وفي المناطق شبه الاستوائية والاستوائية تكون التغيّرات المتعلقة بالشكل المعماري واللازمة لحل المعضلات التي تنتج عن الحرارة الزائدة أكثر وضوحاً. ففي مصر، والعراق والهند والباكستان، توجد أبهاء مسقوفة Loggias عميقة وشرفات بارزة وبروزات سقفية، تلقي ظلالاً طويلة على

جدران المبنى، وتملأ الفتحات الكبيرة مشبّكات خشبية أو رخامية تخفِّف من وهج الشمس وتسمح لنسيم الهواء بالمرور من خلالها. إن استخدام هذه الحلول قد أضفى طابعاً مميزاً على عمارة المناطق الحارة، فبالإضافة إلى تحقيقها للراحة الجسدية كهدف واضح للإنسان في محاولة حماية نفسه من الحرارة الزائدة فقد حققت إحساساً بالجمال. أما اليوم فقد أُضيفت تشكيلة كبيرة من الأجهزة، مثل كاسرات الشمس، إلى مجموع المفردات المعمارية لهذه المناطق.

لاحظ أيضاً، كيف تنقص درجة انحدار السقف المائل بانخفاض معدل الهطول. ففي أوروبا الشمالية ومعظم المناطق المعرّضة لثلوج غزيرة يكون انحدار السقوف كبيراً بينما في الأراضي الأكثر تعرضاً للشمس في الجنوب، يقلّ الانحدار بانتظام. وفي دول ساحل إفريقيا الشمالي الحارة، تصبح السقوف شبه مستوية بحيث توفر في بعض المناطق مكاناً مريحاً للنوم. وإلى الجنوب تصبح السقوف مرة أخرى شديدة الانحدار لتوفير الحماية من الأمطار الاستوائية الغزيرة المميزة لذلك الإقليم.

ومن الجدير بالملاحظة أن السقوف شديدة الانحدار تظل نافعة طالما ظل سكان الأقاليم الاستوائية الرطبة يبنون أكواخهم من القصب والأعشاب مما يسمح للهواء بالمرور من خلال الجدران. لكنهم بعد أن بدأوا باستعمال مواد أكثر تعقيداً، كالطوب الإسمنتي، ووضع الصفائح الحديدية المموجة فوق السقوف المائلة أصبحت المساكن حارة وخانقة إلى حدٍّ لا يطاق. فالنوع الأخير من السقوف يمنع تيارات الهواء الخارجية التي توجد عادة في نفس مستوى السقف من الدخول، كما أن الجدران المصمتة لا تسمح بمرور الهواء من خلالها.

لقد أثارت السقوف التقليدية المستوية وكاسرات الشمس، ذات اللمحة العصرية في العمارة الاستوائية الحديثة، خيال معماريي الأقاليم الباردة الذين يبحثون باستمرار عمّا هو مختلف وغريب. وكانت النتيجة، في بعض المدن الشمالية، نجاح أنماط معمارية غير ملائمة وذات أشكال

e, a loggia is a covered exterior ^ gallery or corridor,

تناسب مناخاً مختلفاً تماماً، دون أن تتجاوب مع حاجات الناس في مناخهم، وأصبحت المباني المجاورة لها تبدو قديمة الطراز. إن الإغراء الذي يتعرض له المعماري المعاصر لابتكار تصاميم عصرية يمنعه من تحقيق الهدف الرئيسي للعمارة وهو: أداء الشيء لوظيفته. فانجذابه للمبتكرات والأجهزة الحديثة يُنسيه البيئة التي سوف ينشىء فيها مبانيه، ويغيب عن ذهنه أن الشكل يكتسب معناه من محيطه.

البيئة (Environment)

إن التقنيات والأجهزة المتوافرة للمعماري اليوم تحرره، تقريباً، من كل قيد، فلديه حصيلة قرون من الطراز تمكّنه من اختيار تصميماته من أية قارّة على وجه الأرض. لكن عليه التذكّر أنه لا يبني في فراغ ولا يضع مبانيه في حيِّز فارغ كمجرد مخططات فوق صفحة خالية، فهو يدخل عنصراً جديداً إلى بيئة وجدت في اتزان منذ زمن طويل. إن لديه مسؤوليات تتعلق بما يحيط بالموقع، وإذا تخلى عن مسؤوليته وألحق الأذى بالبيئة بإهماله لها، فإنه يرتكب جريمة بحق العمارة والمدنية.

مِمَّ تتكوّن بيئة المبنى؟ باختصار، هي كلُّ ما يحيط بالموقع في ذلك الجزء من الأرض بما يشمل المناظر الطبيعية (landscape)، صحراء أو وادياً أو جبلاً أو غابة أو ساحلاً أو ضفة، وكلُّ ما هو كائن في الطبقات السبع التي تغلّف الأرض وتؤثر في الحياة على سطحها. إن الطبقة التي تعنينا أكثر من سواها هي الأولى، وهي طبقة الغلاف الجوّي. ويصل متوسط ارتفاع هذه الطبقة إلى عشرة كيلومترات، وتبلغ عند خط الاستواء عشرين كيلومتراً. وهي تحتوي على الرطوبة التي تعتمد عليها حياة كلٍّ من الإنسان والحيوان والنبات. وتوجد في الطبقات الست التي تعلو الغلاف الجوي نِسَب متفاوتة من الأوكسجين والأوزن والهيدروجين تؤثر على الإشعاع الكوني الذي يصل إلى سطح الأرض. ففي النظام الطبيعي السائد في البيئة كان وجود وتطور جميع الكائنات ـ حتى المعادن ـ مقروناً بتدفق مستمر ومتّزن للإشعاع الكوني.

بعض المواد شفافة وأخرى غير شفافة فيما يتعلق بالمكوّنات المختلفة لهذا الإشعاع، لذا يجب على الإنسان أن يكون حريصاً في اختيار المواد التي يستعملها في بناء مساكنه كيلا يخلّ بالتوازن الكهرومغناطيسي الطبيعي.

وبهذا يعدُّ الخشب مادة مرغوبة في محيط الإنسان أكثر من الخرسانة المسلحة. ومن ناحية جمالية، يفضّل الإنسان عادة استخدام الخشب في داخل المسكن لصنع الأثاث والعناصر الإنشائية. ويوصف الخشب غالباً بالدفء بعكس الفولاذ والمعادن الأخرى التي توصف غالباً بالبرودة. وهذا الأثر النفساني يمكن تفسيره علمياً وبشكل مبدئي، على أساس الخواص الفيزيائية لكلتا المادتين بما يشمل قابليتهما للتوصيل الحراري وخصائص العزل لكلٍّ منهما.

توضح هذه التفاصيل أن على المعماري مسؤولية أخلاقية للعناية بكل ما يمكن أن يؤثر على كفاءة المبنى وسلامة أحوال أولئك المزمع إسكانهم. فبالإضافة إلى مظاهر البيئة الملموسة والتي يمكن قياسها هناك عناصر غير ملموسة، لكن عدم كفاية المعلومات المتوافرة عنها تمنع استخدامها في تخطيط المدن والتصميم المعماري. لذلك اقتصر هذا البحث على عناصر البيئة الملموسة التي يمكن قياسها، وبشكل رئيسي المناخ.

إن أهمية المناخ واضحة، فكلُّ الكائنات الحيّة تعتمد كلياً في وجودها على المناخ، وتكيّف أنفسها مع أثر البيئة هذا، إذ لا يمكن للنباتات التي تحيا في المناطق الاستوائية أن تحيا في المناطق القطبية، كما لا تستطيع النباتات القطبية أن تحيا في المناطق الاستوائية، طبعاً إلا إذا كانت الشروط الموضعية المباشرة ـ المناخ الموضعي (microclimate) ـ قطبية، كقمة جبل استوائي عالٍ. وفي الحقيقة، تنحصر معظم الكائنات في مواطن (habitat) ذات مدىً مناخي محدود.

التعديل الإرادي للمناخ المحلي

Conscious Modification of the Microclimate

ليست كل الأجناس (species) مرتبطة بالمدى المناخي المحدود الذي تعيش فيه، إذ تستطيع حيوانات عديدة ضبط درجة حرارتها الداخلية والمحافظة على قدر ثابت لها حتى في حالة حدوث تقلبات كبيرة في درجة حرارة الهواء. وللإنسان نظام محكم وحساس فيما يتعلق بإفراز العرق وتوزيع الدم، مما يُبقي درجة حرارته حول ٣٧° م في جميع الأوقات. وبشكل عام تستطيع الحيوانات ذوات الدم الحار أن تحتمل تقلبات أكبر من تلك التي تستطيعه ذوات الدم البارد، وتتحكم بعض الأجناس في بيئتها من أجل خلق مناخ محلي مفضل. فالسلحفاة تفعل ذلك في بياتها أو سباتها الشتوي. ويفعل الإنسان ذلك أيضاً بطرق متعددة إذ بإمكانه أن يغيّر مناخه الموضعي بتغيير ملابسه أو بناء مسكن أو إشعال الوقود أو زرع الأشجار أو إيجاد بحيرات اصطناعية أو استعمال الآلات لتدفئة الهواء المحيط به أو تبريده أو ترطيبه أو تجفيفه.

إن تغيير المناخ المحلي غاية أساسية من عملية البناء. فالإنسان الأول بنى المساكن لتقيه عوامل المطر والريح والشمس والثلج. وكانت الغاية هي خلق بيئة مقرونة بالراحة ومناسبة لاستمرار البقاء (survival). إن المناخ المحلي في كل موقع بناء يتحول نتيجة لعملية بناء المسكن ذاته إلى مناخات محلية متعددة ومختلفة. فالمناخ المحلي المجاور لحائط جنوبي، يختلف كثيراً عن ذاك المجاور لحائط شمالي، ويختلف أيضاً إذا كان الحائط شرقياً أو غربياً. وفي داخل المبنى يكون لكل حجرة مناخها المحلي الخاص، والذي هو تعديل لواحد أو أكثر من المناخات المحلية في الخارج.

اعتمد الإنسان قبل حلول العصر الصناعي والميكنة على المصادر الطبيعية للطاقة والمواد الحلية المتوافرة في موطنه تبعاً لحاجاته الفسيولوجية. وتعلّم الناس في كل مكان وبمرور عدة قرون، كيفية التعامل

مع المناخ. فبالإضافة إلى مواطنهم وثيابهم فإن المناخ يؤثر في إيقاع حياتهم أيضاً. لذلك تراهم يشيدون المساكن التي توفر لهم المناخ المحلي الذي يرغبون فيه ـ ويعيش السكان المحليّون في المناطق الدافئة الرطبة في شرق آسيا في أكواخ ذات جدران مفككة وغير مُحكَمَة النَسْج تسمح لأقل نسمة هواء بالمرور من خلالها. أما الذين يعيشون تحت الشمس الملتهبة في الصحراء فيشيدون مساكن ذات جدران سميكة كي يعزلوا أنفسهم عن الحر، وتكون الفتحات فيها صغيرة للوقاية من الهواء الساخن ووهج الشمس.

لم تنشأ هذه الحلول الناجحة لمعضلات المناخ نتيجة لتحليلات علمية هادئة، بل نشأت من خلال تجارب وحوادث لا تُحصى وخبرات أجيال من البنّائين الذين استمروا في استعمال ما صَلُحَ ونبذ ما لم يصلح، وتم تمريرها من السلف للخَلَف في هيئة قواعد تقليدية، جامدة، استبدادية في ظاهرها، تتعلق باختيار المواقع وتوجيه البناء واختيار المواد وطريقة الإنشاء والتصميم.

يقتضي كل نهج متعلق بالتراث الانتباه إلى أية توصية أو نصيحة ترد فيه، إذ إن أيّ تغيّر، مهما كان صغيراً في أيٍّ من عناصر الإنشاء التقليدية، قد يؤدي إلى عجز المبنى في أن يكون حلاً مقنعاً لمعضلة المناخ المحلية. بهذا المفهوم تصبح المواد وطرق استخدامها في غاية الأهمية. فاستبدال الحصير (mat screen) مثلاً بالصاج أو الصلب المموّج أو بمادة جدرانية مصمّتة أخرى، قد يجعل الداخل حارّاً وخانقاً إلى حدٍّ لا يحتمل، وذلك بسبب قلة التهوية، على الرغم من إعطائها انطباعاً بمتانة البناء.

لقد حاول المعماريون المعاصرون أن يحلوا هذه المعضلة باستخدام التكنولوجيا الحديثة وذلك، على سبيل المثال، باستعمال الجدار الشبكي المهوّى (vented screen wall) الخرساني الصنع، المعرّض للشمس، أو المصنوع من الطوب المفتوح (claustra brick) بدلاً من الجدار المصمّت غير المرغوب فيه، ويمكن مشاهدة أمثلة كثيرة ومتنوعة لهذا في واجهات كاملة لمبانٍ حديثة في المناطق الاستوائية. وعلى الرغم من كون مثل هذا

الحل تطوراً أكيداً بالنسبة للجدار المصمّت إلا أن الاطّلاع الدقيق يبيّن أنه ليس بكفاءة الحصيرة المثقبة المتواضعة. وعندما تكون العناصر التي تكسر أشعة الشمس في أعمال الطوب المفتوح غير مظللة، فإنها تسخن ثم تنقل هذه الحرارة إلى الهواء الذي يتدفق من خلالها إلى داخل المبنى، هذا بالإضافة إلى عكسها الإشعاع الشمسي الساخن إلى الداخل.

تحتفظ كلُّ مادة عضوية ببعض خواصها الأصيلة فيما يتعلق بتجاوبها مع المناخ، ما دام بناؤها الأصيل لم يتحطم أو يعدّل بشكل كبير. فالخشب والشعر والعشب وأوراق النبات والقصب والقطن والقنّب ومواد عضوية أخرى كلها حسّاسة بالنسبة لرطوبة الهواء. فعندما يُراد زيادة التهوية والرطوبة تتجاوب الحُصُر مع المناخ بامتصاصها الرطوبة من الهواء المار إلى داخل المبنى من خلالها، مما يقلّل من الرطوبة داخل الحجرة. وبالعكس، فإن حوائط الطوب المفتوح تقدر أن تتنفس ولكنها لا تعرق. كما تعدُّ الحصيرة موصلاً حرارياً ضعيفاً (poor heat conductor) لأنها ذات مسام (porous) فهي تبرد إلى أقل من درجة حرارة الهواء بتبخير الرطوبة التي امتصتها من الهواء وبذلك يبرد الهواء المار من خلالها. إضافة إلى هذا فإن حصيرة كثيفة الحياكة وذات ألياف مفككة النسيج وحبال خشنة، تعمل على اعتراض الغبار أيضاً.

اتجاهات في العمارة الدولية
Trends in International Architecture

إن تغيير عامل واحد في طريقة البناء التقليدية لا يضمن استجابة طيبة، ولا حتى معقولة، للبيئة. إلا أن التغير أمر حتمي، ولا بدّ أن تستخدم الأشكال والمواد الجديدة كما جرت العادة عبر التاريخ. وكثيراً ما يكون توافر وسهولة استعمال الأشكال والمواد الحديثة مغرياً على المدى القصير. فقد تخلى كثير من الناس في الأقاليم الاستوائية عن حلولهم التقليدية القديمة لمعضلات المناخ المحلي سعياً وراء المعاصرة، وتبنّوا بدلاً عنها،

ما يطلق عليه عادة «العمارة الدولية» (international architecture) والتي تعتمد على استخدام مواد ذات تكنولوجيا عالية مثل الهيكل الخرساني المسلح والحائط الزجاجي (reinforced concrete frame)، (glass wall). لكن جداراً زجاجياً مسطحه ٣×٣ م، في مبنى معرض للإشعاع الشمسي يدخل ما يقارب ٢٠٠٠ كيلوسعر في الساعة في يوم استوائي دافىء وصافٍ. وللإبقاء على المناخ المحلي في مبنى معرّض بهذا الشكل ضمن حدود الراحة الإنسانية فإننا نحتاج إلى طنين من سعة التبريد. إن أي معماري يجعل من مبناه فرناً شمسياً، ويعوّض عن ذلك بوضع آلة ضخمة للتبريد، إنما ينتهج نهجاً خاطئاً لحل المعضلة. ويمكننا أن نستدل على مدى فشل هذا الحل بآلاف السعرات الحرارية الفائضة التي تدخل إلى المبنى بدون فائدة. إن الغالبية العظمى من سكان المناطق الاستوائية متخلّفة صناعياً وليست لديها القدرة على امتلاك مواد الإنشاء المتقدمة تكنولوجياً أو أنظمة التبريد ذات الطاقة المكثفة. ورغم أن العمارة التقليدية تتطور باستمرار وتستوعب مواد ومفاهيم تصميمية جديدة فإنه يتحتم تقييم تأثيرات أية مواد أو أشكال بديلة قبل تبنّيها. وإذا فشلنا في هذا فإننا سنفقد المفاهيم ذاتها التي جعلت من التقنيات التقليدية حلولاً مناسبة.

إن المنهج العلمي هو وحده القادر على إنقاذ عمارة المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية. وإن تطبيق الأساليب الحديثة في هذه المناطق دونما تمحيص قلّما يكون ناجحاً، فالفهم الدقيق للبيئة المناخية (climate environment) والتطورات التي تعتمد عليها ضروري لوضع الحلول المناسبة. ورغم أن العمارة التقليدية نشأت عفوياً خلال فترة طويلة، إلا أنها اعتمدت في الأساس، على مفاهيم علمية صحيحة. وليس في عالم العمارة الأكاديمي الحديث تركيز حقيقي على قيمة التحقّق والتطبيق العلمي للمفاهيم، لذلك لا نجد تقديراً كبيراً للعمارة التقليدية. وقد آن الأوان لردم الفجوة بين هذين النهجين المختلفين كل الاختلاف.

ويجب تقييم كل الحلول التقليدية علمياً قبل نبذها أو اقتراح بدائل

لهـا. كما يجب تحليـل ظاهـرة المناخ المحلي وفحص مـواد وطـرق وتصميمات الإنشاء من أجل فهم كامل للعلاقات المعقدة بين المباني والمناخ المحلي والكائنات البشرية. ولحسن الحظ فإن الـزراعة تتـأثر بالمناخ المحلي أكثر من العمارة، لذا نجد أن علماء الزراعة قد قاموا منذ زمن برصد دقيق للمناخ قرب سطح الأرض، وفي أماكن محددة صغيرة. كما أن اكتشافاتهم متوافرة للمهتمين في العمارة الاستوائية وشبه الاستوائية.

وتدين العمارة لعلم آخر هو علم الديناميكا الهوائية (aerodynamics) إذ إن نفس الأساليب التي تستخدم لتقصّي تدفق الهواء (air flow) حول أجنحة وهياكل الطائرات، تستخدم حالياً لدراسة تدفق الهواء عبر المباني وفوقها وحولها. كما يمكن الآن اختبار مجسمات بالحجم الطبيعي أو بمقاييس أصغر في أنفاق الرياح (wind tunnels) لتحديـد أثر الحجم والموقع، وترتيب الفتحات على تدفق الهواء عبر مبانٍ منفردة، ولتحديد طبيعة أنواع الريح وقوتها بين مجموعات المباني.

وقد تحقق حالياً اهتمام أكبر بالعلاقة بين المناخ والعمارة، وقد بدأت عدة مؤسسات مختصّة بأبحاث البناء بدراسة هذه العلاقة.

وتوفر عدة فروع من المعرفة كعلم الديناميكا الهوائية، وعلم الأرصاد الجـوية (meteorology)، مقـداراً ملحوظـاً من الحقائق المفيـدة جداً للعمارة. والمعماري هو المسؤول عن ترجمة هذه الحقائق وتطبيقها في تصاميمه. وهو في ذلك أشبه بالطبيب اليقظ الذي رغم استعانته بخبير علم وظائف الأعضاء (physiologist) وخبير الطب الإشعـاعي (radiologist) وخبير علم البكتيريا (bacteriologist) يظل وحـده القادر على معـالجة المريض.

الفصل الثاني

الدّيناميكا الحراريّة thermodynamics في العمارة وعلاقة ذلك براحة الإنسان في المناخ الحار

إن التفهّم التام للظواهر المناخية يتطلب دراسة خواص المادة والطاقة. إذ تتفاعل عوامل الحرارة والإشعاع والضغط ودرجة الرطوبة والرياح وعوامل أُخرى متنوعة بعضها مع بعض لتكوين الظروف المناخية التي تؤثر على المناطق القريبة من سطح الأرض.

في هذا المحيط (environment) الذي يتغير فيه الضغط وحركة الرياح ودرجة الحرارة ودرجة الرطوبة والغطاء السحابي (cloud cover) بصورة مستمرة يسعى المعماري إلى تصميم مبنى ثابت لا تؤثر فيه العوامل المحيطة وتوفير بيئة داخلية مريحة رغم المتغيرات الخارجية العديدة. ويُسهِّل إنجاز هذه المهمة عاملان رئيسان:

١ ـ تقوم المباني العادية في المناطق المعتدلة وشبه الاستوائية بتوفير قدر لا بأس به من الحماية من تقلبات المناخ.

٢ ـ قدرة جسم الإنسان على التكيّف وبالتالي احتمال ما يطرأ من تغيرات على المناخ ضمن حدود معينة. ومهما يكن من أمر، تظل قدرة الإنسان على التكيّف محدودة، لذا ينبغي إيلاء المناطق الاستوائية عناية خاصة أثناء مراحل التصميم.

عند الشروع في التصميم المعماري لمبنى ما، أو في تخطيط المدن أو التخطيط الإقليمي، يجب أخذ العوامل الآتية بعين الاعتبار: حركة الناس اليومية المستمرة التي تتماثل في خصائصها مع المفاهيم المرتبطة

بـالـرطـوبـة كـالتشبـع (saturation) والتبخـر (evaporation) والتكثّف (condensation) يجب أن تنـال حظاً وافـراً من الدراسـة فيما يـرتبط بالمشروعات السكنية وتنظيم المدن والأقاليم وما يتعلق بها.

يسعى كل كائن حيّ إلى تكييف نفسه بصورة مستمرة لأثر محيطه، بيد أن كل ما هو من صنع الإنسان ليس بقادر على التكيّف التلقائي، وتصبح صفة الثبات هذه مصدر قوته وضعفه في آنٍ واحد. وبينما يمكن للتصميم الناجح أن يوفِّق بين ما هو خاص وثابت وبين ما هو عامّ ودائم التغيّر، في حين يؤدّي عجز المصمِّم عن إدراك القوى الفاعلة التي تؤثر على البناء إلى فشل التصميم في خلق وحدة انسجامية مما قد يؤدي إلى عزل الحياة الإنسانية واغترابها.

وقبل التفكير في تطبيق المفاهيم العلمية على التصميم المعماري وتخطيط المدن، من المفيد أن نتفحص باختصار بعض المفاهيم الأساسية لعلم الديناميكا الحرارية (thermodynamics) في هندسة العمارة وعلاقة ذلك براحة الإنسان.

درجة الحرارة Temperature

يصف مفهوم درجة الحرارة (temperature) مدى السخونة (degree of heat) الموجودة في وسطٍ صُلب أو سائل أو في منطقة معينة منه. بيد أن التعريف الفعلي هو، عادة، وصف للعمليات المؤدية لقياسها. وبما أن الحرارة تتدفق من الأجسام أو المواد الأسخن إلى الأبرد، يمكن، إذن، قياس درجة الحرارة عند ملامسة مقياس الحرارة (therommeter) للجسم أو المادة المراد قياس درجة حرارتها، إذ يكتسب مقياس الحرارة نفس درجة حرارة الجسم أو المادة.

ويستعمل العلماء درجتي حرارة يمكن قياسهما بسهولة، درجة تجمد الماء ودرجة غليانه. وهاتان الدرجتان هما طرفا قياس درجـة الحرارة (temperature scales). ففي ميزان سلسيوس (celsius scale) يعتبر الصفر

و ١٠٠، الدرجتين الدنيا والقصوى، على التوالي. وفي الميزان الفرنهيتي يعتبر الرقمان ٣٢°، ٢١٢°، الدرجتين الدنيا والقصوى على التوالي. إن درجة حرارة الجسم التي يصبح عندها غير قادر على إطلاق أيّ قدر من الحـرارة تسمى الصفـر المـطلق (absolute zero) ـ ٢٧٣,١٥ س° (ـ ٤٥٩,٦٧ ف°). بينما لا يوجد حد أقصى لدرجة الحرارة.

يدور محور اهتمام الدارسين حول مجال درجة حرارة الهواء المرتبط بالحالات الأكثر تطرفاً في مواطن الإنسان المعتادة. فقد رصد علمـاء الأرصاد الجوية (meteorologists) درجات حرارة للهواء بلغت قرب سطح الأرض ـ ٩٣ س° (ـ ١٣٥ ف°)، ٥٧ س° (١٣٥ ف°) بتـراوح مقـداره ١٥٠ س° (٢٧٠ ف°). ورغم صغر هذا التراوح إلا أنه كبير بالنسبة للتغيّر الذي يمكن لجسم الإنسان أن يتحمله في داخله. إذ يحافظ الجسم على درجة حرارة ثابتة تبلغ تقريباً ٣٦ س° (٩٨,٦ ف°) في الفم، وترتفع إلى ٣٧,٢ س° (٩٩ ف°) تقريباً في الأنسجة (deep tissues) وتكون أعضاء الجسم مهددة بالفناء إذا قلّت أو زادت درجة الحرارة هذه بمقدار ١ س° (٢ ف° تقريباً) لمدة طويلة.

التوصيل الحراري والمقاومة الحرارية

Thermal Conduction And Resistance

إن دراسة مفاهيم التوصيل والمقاومة الحرارية مهمة جداً لتوفير محيط مريح (comfortable environment) لسكـان المناطق الحـارة الجافـة. وتعتمد المفاهيم المرتبطة بتدفق الحرارة على الحركة المتعلقة بكمية من الحرارة (quantity of heat)[١].

---

١ ـ رمز كمية الحرارة هو ح (q). وفي النظام المتري يستخدم الجول (ج) والكيلوسعر (كـ سعر) لقياس كمية الحرارة، أمّا في النظام البريطاني فتستخدم الوحـدة الحراريـة البريطانية (و. حـ. ب). ويُعَرّف الكيلوسعر على أنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من الماء ١٥ س° إلى ١٦ س°، أو بأنه يساوي ٤١٨٦,٨ ج. وتُعَرَّف الـ و. ح. ب على أنها كميّة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة باوند واحد من الماء من ٦٠ ف° إلى ٦١ ف°، أو بأنها تساوي ٠,٢٥٢ ك سعر أو ١٠٥٥ ج.

إن الحرارة النوعية (specific heat) لأية مادة هي عبارة عن كمية الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة كتلة المادة درجة واحدة[٢].

للتعبير عن مفاهيم تدفق الحرارة يكون من الملائم استخدام مصطلح معدل تدفق الحرارة (rate of heat flow) وهو يعني معدل انتقال كمية من الحرارة خلال المـادة أو من جسم لآخر[٣]. يعبّـر مصطلح التـوصيل

---

٢ ـ رمز الحرارة النوعيّة هو س. وفي النظام المتري تقاس الحرارات النوعيّـة بِـ جول/كيلوغرام ـ حراريّة سلسيوس [ج ك غ^ س°] أو بِـ كيلو سعر/كيلوغرام. وفي النظام البريطاني تقاس الحرارة النوعيّة بِـ وحدة حرارية بريطانية / باوند حرارية [و. حـ. ب باوند ف°]. وبحسب تعريفَيْ الكيلو سعر والوحدة الحرارية البريطانية السالفي الذكر فإن وحدات الحرارة النوعيّة التي يتم حسابها باستخدام هـذه الوحدات تكون متطابقة، وهكذا تتساوى القيمة العدديّة للحرارة النوعية في أيٍّ من هاتين الوحدتين:

١ (ك سعر / ك غ^ س°) = ١ (و. حـ. ب. / باوند ف°)

$$1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. C deg}} = 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb. F deg}}$$

لكن بما أن ١ ك سعر = ٤١٨٦,٨ ج، لذا فإن هذا الأمر لا يصحّ بالنسبة للحرارة النوعية المقيسة بِـ ج ك غ^ ٥س′، كما يلي:

١ (ك سعر / ك غ^ س°) = ٤١٨٦,٨ (ج / ك غ^ س°)

$$\frac{\text{J}}{\text{Kg. C deg}} \; 4186{\cdot}8 = \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg. C deg}}$$

وهكذا يتم حساب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة ك من مادة ما بمقدار يساوي △ حـ (△ T) باستخدام المعادلة:

ح = س ك △ ح .... (١)

$$q = cm \,\Delta T$$

٣ ـ رمز معدل تدفق الحرارة هو ح° (Q). ويُعَبَّر عنه بِـ جول /ثانية (ج/ث) ويُعَرَّف في=

(conduction) عن العمليات التي يتم بها تدفق الحرارة خلال المادة أو من مادة لأخرى عند اتصالهما ببعض. إن بعض المواد، كالمعادن، جيدة التوصيل لحرارة بينما أخرى، كالهواء، رديئة التوصيل للحرارة.

إن الإيصالية الحرارية (thermal conductivity) هي خاصية معينة للمادة وقياس لمعدل تدفق الحرارة خلال المادة عند وجود تفاوت في درجة الحرارة بين سطوحها الخارجية. وتعرّف بأنها كمية الحرارة التي تتدفق في وحدة المساحة (unit area) خلال وحدة الزمن (unit time)، أو، بأنها معدل تدفق الحرارة في وحدة المساحة عند وجود تفاوت في درجة الحرارة بين سطحين مختلفين لمادة ما سمكها الوحدة (of unit thickness)[٤]، كالحائط المبيّن في الشكل (١). وتختلف الإيصالية الحرارية بحسب كثافة المادة ومساميتها (porosity) والمحتوى الـرطوبي (moisture content) ودرجة حرارتها المطلقة absolute temperature. وقد يكون تأثير الرطوبة الكامنة للمادة على إيصاليتها الحرارية كبيراً بحيث يؤدي ازدياد الأول إلى زيادة الثاني، أي إن العلاقة بينهما طردية. وتكتسب هذه العلاقة أهمية خاصة بسبب احتمال تكوّن رطوبة كبيرة في الهيكل الإنشائي للمبنى في

= النظام المتري بوحدات الواط أو الكيلو سعر/ثانية (ك سعر/ث)، وفي النظام البريطاني بوحدات الوحدة الحرارية البريطانية/ثانية (و. حـ. ب/ث).

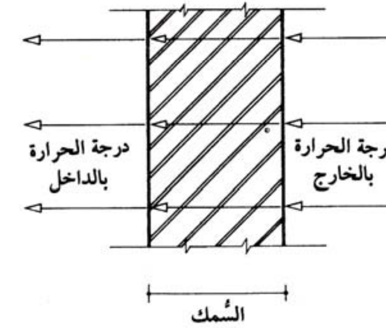
٤ ـ يرمز للموصّليّة الحرارية عادة بالرمز ص (K). وهي تقـاس في النظام المتري بوحدات الجول/ثانية. متر. حرارية سلسيوس [ج ث م س°] وهي تساوي تماماً الواط/متر. حرارية سلسيوس [و م س°]. أمّا في النظام البريطاني فتقاس بالوحدة الحرارية البريطانية/ثانية. قدم. حرارية فرنهيت [و. حـ. ب ث قدم ف°].

لذلك يمكن حساب ص كالتالي:

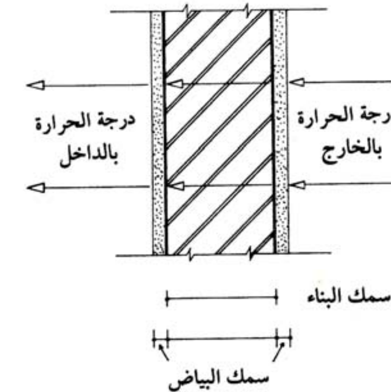
ص = (ح° غ) / (مـ △ حـ) .... (٢)

$$K = \frac{QL}{A \,\Delta T}$$

حيث غ ترمز لسُمْك (غلظ) المادة، وترمز مـ لمساحة سطحه.



الشكل (١) : تدفق الحرارة خلال حائط خارجي مصنوع من مادة واحدة فقط وسمكه محدد. (انظر ص ٤٧).



الشكل (٢) : تدفق الحرارة خلال حائط خارجي مصنوع من عدة مواد. (انظر ص ٤٩).

حال تعرضه لسقوط الأمطار أو وجود نسبة رطوبة عالية في داخل المبنى قد تؤدي إلى تكثف بخار الماء على الهيكل الإنشائي للمبنى. كما يؤثر على معدل تدفق الحرارة عامل آخر هو متوسط درجة الحرارة للمادة. إذ تزداد قيمة الإيصالية الحراريـة بارتفاع درجة الحرارة. بيد أن التغير في الإيصالية الحرارية ضمن التراوح العادي لدرجات حرارة الأبنية يكون صغيراً نسبياً. لذلك تستخدم عادة، في الحسابات المتعلقة بالعزل الإنشائي الحراري قيم الإيصالية الحرارية المقيسة تحت درجات الحرارة الجوية الطبيعية (normal atmospehric temperature).

يستخدم في الحسابات المتعلقة بالتحريك الحراري، عادة، مقلوب (the reciprocal of) الإيصالية الحرارية ويسمى المقاومية الحرارية (thermal resistivity)[٥]. ويمكن اعتبارها الوقت اللازم لإمرار (transmission) وحدة واحدة من كمية الحرارة عبر وحدة واحدة من المساحة لمادة صلبة مستطيلة الشكل سماكتها الوحدة عند وجود تفاوت بين درجات حرارة السطوح المتعامدة مع اتجاه تدفق الحرارة مقداره درجة واحدة، أو بكونها الفرق بين درجتي حرارة سطحين من مادة سماكتها الوحدة، عند تدفق وحدة واحدة من كمية الحرارة عبر وحدة واحدة من المساحة في وحدة واحدة من الزمن. لذلك تعتبر المقاومية شبيهة بالإيصالية من حيث إنها خاصة من خواص المادة وليست ذات علاقة بسمكها.

أما المقاومة الحرارية (thermal resistance) فهي قياس لمدى مقاومة

---

٥ - في حال وجود تدفق مستمر لكمية من الحرارة تكون المقاوميّة الحرارية التي ترمز لها بالرمز ١/ص (1/K) مساوية لِـ:

$$\frac{١}{ص} = \frac{ص \triangle حـ}{ح^\circ غ} \quad \text{.................} \quad (٣)$$

$$\frac{1}{k} = \frac{A \triangle T}{QL}$$

تقاس المقاوميّة الحراريّة بالوحدات؛ °س م ث ج أو °س م و أو °س م ث ك سعر أو ف° قدم ث و. حـ. ب.

مادة ما أو توليفة من المواد لتدفق الحرارة[٦]. ويمكن اعتبارها الزمن اللازم لإمرار وحدة واحدة من كمية الحرارة عبر وحدة واحدة من مساحة المادة عندما يكون الفرق في درجة الحرارة بين سطحين متقابلين ومتعامدين مع اتجاه تدفق الحرارة درجة حرارية واحدة، أو بأنها الفرق بين درجتي حرارة هذين السطحين عند تدفق وحدة واحدة من كمية الحرارة عبر وحدة واحدة من المساحة في وحدة واحدة من الزمن.

لذا فإن هناك علاقة تناسبية طردية بين سمك المادة ومقاومتها الحرارية. وقد توضع أحياناً طبقات من مواد مختلفة بعضها فوق بعض لسبب أو لآخر، كما يحدث عند بياض جدار من الطوب المصمّت، وطلائه، وفي هذه الحالة، وكما هو مبيّن في الشكل (٢) يمكن حساب إجمالي المقاومة الحرارية بجمع المقاومات الحرارية لكلٍ من هذه المواد (القصارة والطلاء والطوب)[٧].

أما الإيصال الحراري (thermal conductance) **فهو معدل تدفق**

---

٦ ـ تُعَرَّف المقاومة الحرارية ق (R) كالتالي:

ق = غ / ص .... (٤)

$$R = \frac{L}{K}$$

وبالتعويض عن قيمة المقاوميّة من المعادلة (٣) في الهامش رقم (٥) تصبح:

ق = (ص △ حـ غ) / ح٥ = (ص △ حـ) / ح٥ .. (٥)

$$R = \frac{A \triangle TL}{QL} = \frac{A \triangle T}{Q}$$

وتقاس بالوحدات، °س م٢ ث ج، أو، س°س م٢ و، °س ث ك سعر، أو، ف° قدم٢ ث و. حـ. ب.

٧ ـ المقاومة الحرارية الشاملة للعناصر ١، ٢، .... ن ذات المقاومات الحرارية ق١، ق٢، ..... قن التي يتكون منها الجدار تساوي:

ق = ق١ + ق٢ + ... + قن .... (٦)

الحرارة خلال مادة أو توليفة من المواد. لذلك فهو يساوي مقلوب المقاومة الحرارية. والإيصال الحراري[٨] هو كمية الحرارة التي تتدفق بين سطحين من سطوح المادة خلال وحدة المساحة في وحدة الزمن عند وجود فرق مقداره درجة حرارية واحدة بينهما. وهناك علاقة تناسبيه طردية بين سمك المادة وإيصالها الحراري.

ويرتبط كلٌ من، الإيصال، والمقاومة، والإيصالية، والمقاومية الحرارية بدرجة حرارة السطح الخارجي للمادة. بيد أنه يصعب غالباً معرفة درجة حرارة السطح الخارجي للمبنى، لذا يُستعاض عنها بدرجة حرارة الهواء الداخلي أو الخارجي لحساب الفقدان الحراري (heat loss). وفي مثل هذه الحالة يتم انتقال الحرارة من كتلة الهواء الأكثر دفأً إلى الأكثر برودة في مراحل ثلاث:

١ ـ من الكتلة الهوائية الأكثر دفأً إلى الهيكل الإنشائي.
٢ ـ انتقال الحرارة بين السطحين الداخلي والخارجي للهيكل الإنشائي.
٣ ـ من الهيكل الإنشائي إلى الهواء الأكثر برودة. وتظهر طبقتا الهواء الملامستان للسطحين الداخلي والخارجي بعض المقاومة لتدفق الحرارة.

يشمل مفهوم المنافذة الحرارية (termal transmittance) المقاومات المقرونة بانتقال الحرارة بين السطح وطبقة الهواء الملامسة له، وهي عبارة عن معدل تدفق الحرارة من الهواء الخارجي إلى الهواء الداخلي من خلال

---

٨ ـ يرمز للمواصلية الحرارية بالرمز ص° (C) وهي تساوي:

ص° = ١/ق = ص/غ = ح°/ ص △ حـ .... (٧)

$$C = \frac{1}{R} = \frac{K}{L} = Q/A \triangle T$$

وتقاس بالوحدات؛ ج ث١ م٢ °س١، أو، وم٢ °س١، ك سعر ث١ م٢ °س١ أو و. حـ. ب قدم٢ ث١ ف°١.

الهيكل الإنشائي (the structure) لكل وحدة من المساحة (per unit area). ويمكن تعريفها على أنها كمية الحرارة التي تتدفق خلال وحدة مساحة من المادة في وحدة الزمن عند وجود فرق في درجة الحرارة بين الهواء الموجود في كل جانب مقداره درجة واحدة[٩]. ولا تختلف المنافذة الحرارية عن الإيصال الحراري إلا من حيث شمولها للمقاومات الخاصة بطبقات الهواء الملامسة للسطوح الخارجية[١٠]. وللمنافذة الحرارية أهمية تطبيقية كبيرة، إذ توفر أساساً للمقارنة بين قدرات العزل لطرق الإنشاء المتعلقة بالجدران والأرضيات والسقوف المختلفة. كما توفر قاعدة للعمليات الحسابية المرتبطة بالفقدان أو الكسب الحراري لغايات التدفئة في المناخات الباردة، أو التبريد في المناخات الحارة.

الإشعاع Radiation

ثبت كلُّ أنواع المادة موجات كهرومغناطيسية تولِّدها الحركة الحرارية للجزيئات المكوِّنة للمادة. ويسمى مثل هذا الإشعاع إشعاعاً حرارياً. ويعتمد التوزيع المتعلق بشدة الإشعاع وطول الموجة على طبيعة المادة ودرجة حرارتها.

يبثّ الجسم الأسود (black body) ـ وهو عبارة عن جسم يتكوّن من مادة معتمة ذات سطوح ماصّة وغير عاكسة كلية ـ الإشعاع بمعدل يفوق أيّ جسم آخر عند درجة حرارة معينة.

---

٩ ـ يرمز للمنافذة الحرارية بالرمز ف (U) وهي تقاس بنفسها الوحدات التي تقاس بها المواصلة الحرارية.

١٠ ـ بالتعويض عن قيمة ق في المعادلة (٦) في الهامش (٧) تصبح المنافذة الحرارية الشاملة بين حجمي الهواء اللذين يفصل بينهما الجدار:

$$ف = \frac{١}{ق_{١} + ق_{٢} + \ldots\ldots + ق_{ن}} \quad \ldots\ldots \quad (٨)$$

$$U = \frac{1}{R_1 + R_2 + \ldots\ldots + R_n}$$

ويُعدّ مفهوم الجسم الأسود معياراً مثالياً (idealized standard) لفهم الظواهر المتعلقة بالإشعاع، بيد أنه يجب عدم الخلط بينه وبين جسم حقيقي لونه أسود. حيث يعتمد معدل بثّ الإشعاع في مثل هذا الجسم على القوة الرابعة لدرجة حرارته المطلقة فقط.

وبازدياد درجة حرارة الجسم المشع يتغير توزيع شدّة الإشعاع، إذ تصبح غالبية الموجات ذات أطوال موجية قصيرة ويصبح محتوى الطاقة في كلٍّ منها أكبر. أما حين تقلّ درجات الحرارة عن **٥٠٠** س° تقريباً (**٩٠٠** ف° تقريباً) فتصبح غالبية الموجات ذات أطوال موجية كبيرة يتعذّر معها رؤيتها. وإذا بلغت درجة حرارة الجسم **٧٠٠** س° تقريباً (**١٣٠٠** ف° تقريباً) فإن الجسم يبدأ بالتوهّج بلون أحمر باهت. ثم بزيادة درجة الحرارة تصبح الأطوال الموجية أقل، ويتحول اللون إلى الأحمر القاني فالأصفر فالأبيض.

ترتطم الطاقة المنبعثة من الجسم المشع بمادة أخرى دون شك؛ فتمتصها الأخيرة محوِّلة الطاقة إلى حرارة. وهكذا يتم انتقال الحرارة من مكان لآخر بالإشعاع.

تشبه الخواص المتعلقة بالإشعاع لمعظم السطوح غير المعدنية أو المطلية بالدهان في درجات الحرارة العادية تلك الخاصة بالأجسام السوداء إلى حدٍّ كبير، فقدرتها الانبعاثية (emissivity) عالية وهي تمتص غالبية الإشعاع طويل الموجه. لذلك يصعب التمييز بين الدهانات التي تتفاوت في درجة بياض اللون أو سواده فيما يتعلق بإشعاعها للحرارة في درجات الحرارة دون **١٠٠** س° (**٢١٢** ف°). وبينما تمتص الدهانات السوداء معظم الإشعاع الشمسي قصير الموجة تعكس البيضاء غالبيته. وفي درجات حرارة دون **١٠٠** س° (**٢١٢** ف°) تبلغ القدرة الابتعاثية لدهانات الألمنيوم أو الدهانات المعدنية (metalic paints) الأخرى نصف تلك القدرة للسطح الأسود. وبالمقابل تعكس المعادن المصقولة صقلاً جيداً (highly polished metals) كل الإشعاع طويل الموجه (منخفض الطاقة الحرارية) تقريباً المنبعث من الأجسام في درجة حرارة الغرفة العادية.

الانبعاثية والممتصيّة والعاكسية

Emissivity, Absorptivity, and Reflectivity

لقد سبقت الإشارة إلى أهمية السطوح الخارجية في انتقال الحرارة بالإشعاع. ولتقييم الخواص الانبعاثية (emissive) والممتصية (ebsorptive) والعاكسية (reflective) يمكن مقارنتها بخواص الجسم الأسود (black body) إذ يمتص الجسم الأسود كلّ الإشعاع الساقط على سطحه ولا يعكس منه شيئاً.

إن قيمة الانبعاثية لسطحٍ ما تحت درجة حرارة معينة هي ذات القيمة لممتصية السطح ذاته للإشعاعِ المنبعث من جسم آخر تحت نفس درجة الحرارة، إذ إن تساوي درجة الحرارة لأيّ جسمين يؤدي إلى اتزان حراري (thermal equilibrium) فيما بينهما. إن مجموع قيمة الانبعاثية والممتصية للجسم الأسود يساوي، حسب التعريف العام لكليهما الوحدة (unity). بيد أن هذه القيمة تكون عملياً بالنسبة للأسطح الحقيقية أقل من الوحدة.

تمتص الأجسام المعتمة جزءاً من الإشعاع الساقط عليها وتعكس الجزء المتبقّي، وبما أن الإشعاع الساقط، إما أن يمتص أو ينعكس، لذا فإن مجموع قيمة الممتصية والعاكسية يجب أن يساوي الوحدة. مثال: قد تكون قيمة الانبعاثية لصفيحة من الألمنيوم (aluminum foil) تحت درجة حرارة عادية ٠,٠٥، فتكون ممتصيتها ٠,٠٥ أيضاً، لكن عاكسيتها تكون ٠,٩٥ ومعنى هذا، أنها تشعّ ٥٪ فقط من الكمية التي يشعّها الجسم الأسود في درجات الحرارة العادية. وتمتص ٥٪ فقط من الإشعاع الساقط فوقها والذي يشعّه جسم آخر في درجات الحرارة العادية ـ في حين تعكس ٩٥٪.

قد لا تكون قيمة الانبعاثية لسطح ما في درجات الحرارة العادية (١٠ - ٣٨ س° أو ٥٠ - ١٠٠ ف°) مساوية لقيمة ممتصيته للإشعاع الشمسي. تنبع أهمية معرفة قيم الانبعاثية للمواد المختلفة في درجات الحرارة العادية من كونها عاملاً أساسياً في الاختيار الصحيح للمواد المستعملة

في الجدران المزدوجة (cavity walls) والأرضيات والسقوف لمنع تسرّب الحرارة من خلالها. ويهمّ المصمِّم أيضاً معرفة قيم الممتصية للسطوح الخارجية التي تكون معرَّضة للإشعاع الشمسي من أجل حساب كمية الحرارة المكتسبة من الإشعاع الشمسي. يوفّر الجدول (١) هذه القيم الخاصة ببعض المواد الشائعة الاستعمال.

ويتضح من الجدول (١) أن القدرات الانبعاثية للدهانات البيضاء

جدول رقم (١): متوسطات الانبعاثية والممتصيّة لسطوح بعض المواد شائعة الاستخدام في الأبنية، تحت ظروف معيّنة:

السطح	الممتصيّة أو الانبعاثية الحرارية ١٠ - ٣٨ س° (٥٠ - ١٠٠ ف°)	ممتصيّة الإشعاع الشمسيّ ١٠ - ٣٨ س° (٥٠ - ١٠٠ ف°)
السطوح السوداء غير المعدنية	٠,٩٠ - ٠,٩٨	٠,٨٥ - ٠,٩٨
الطوب الصلصالي الأحمر، الخرسانة، الحجر، الدهانات الداكنة	٠,٨٥ - ٠,٩٥	٠,٦٥ - ٠,٨٠
الطوب الصلصالي الأصفر والحجر	٠,٨٥ - ٠,٩٥	٠,٩٥ - ٠,٧٠
الطوب الصلصالي الأبيض، البلاط، الدهان، الطراشة بالجير المطفأ	٠,٨٥ - ٠,٩٥	٠,٣٠ - ٠,٥٠
زجاج النوافذ العاديّ	٠,٩٠ - ٠,٩٥	شفّاف
الدهانات الذهبية أو البرونزية أو دهانات الألمنيوم الساطعة	٠,٤٠ - ٠,٦٠	٠,٣٠ - ٠,٥٠
النحاس غير المصقول، الألمنيوم، الفولاذ المجلفن	٠,٢٠ - ٠,٣٠	٠,٤٠ - ٠,٦٥
النحاس المصقول	٠,٠٢ - ٠,٠٥	٠,٣٠ - ٠,٥٠
الألمنيوم، جيّد الصقل	٠,٠٢ - ٠,٠٤	٠,١٠ - ٠,٤٠

المصدر: دليل التدفئة وتكييف الهواء. جمعية مهندسي التهوية والتدفئة الأمريكيّة.

والسوداء تتساوى تقريباً في درجات الحرارة العادية. غير أن ممتصية الدهان الأبيض للإشعاع الشمسي أقل من ذلك بكثير، فإذا طلي سقف من الخارج بطبقة من الدهان الأبيض فإن كمية الحرارة التي يكتسبها من الشمس تكون أقل بكثير مما لو كان الطلاء داكناً. وفي الجدول (٢) قيم العاكسية لمواد ودهانات مختلفة.

جـدول رقـم (٢): قيم عاكسيّة لبعض الموادّ والدهانات المختلفة:

المـادة أو الـدهـان	العاكسيّـة (٪)
الطوب الصلصالي الأحمر أو الحجر	٣٠ - ٥٠
الأردواز	١٠ - ٢٠
اللبّاد المشبع بالقار الإسفلتيّ	١٠ - ٢٠
المعادن المجلفنة (وهي جديدة)	٣٦
الدهانات الداكنة	١٠ - ٢٠
دهانات الألمنيوم	٤٠ - ٥٠
المعادن المصقولة	٦٠ - ٩٠
الدهانات البيضاء أو دهان الجير المطفأ	٨٠ - ٩٠

المصـدر: ن. س. بلينغتون. **مجلّة معهد مهندسي التدفئة والتهوية ١٩، رقم ١٩٠ (يونيو ١٩٥٧).**

الشفافية Transparency

تنفذ إشعاعات ذات أطوال موجية معينة عبر بعض المواد بمقادير مختلفة كالـزجاج والملح الصخـري (rock salt) والسوائـل والغازات. فالزجاج مثلاً مُنفذ للإشعاع ذي الأطوال الموجية الواقعة ضمن الجزء المرئي من الطيف (spectrum) بيد أنه يمتص الإشعاع الواقع في منطقة الإشعاع تحت الأحمر أو الحراري (infrared or thermal) كما يشكّل الإشعاع تحت الأحمر نسبة كبيرة من مجموع الإشعاع الذي يطلقه الملح الصخري (rock salt).

إن معظم المواد الصلبة غير منفذة (opaque) للإشعاع الحراري، وفي مثل هذه الحالة يكون انبعاث الإشعاع أو امتصاصه ظاهرة سطحية (surface phenomena). لذلك تعتمد القدرة الانبعاثية الضئيلة لسطح معدني مصقول على مدى نظافة السطح. إذ يمكن لطبقة رقيقة جداً من مادة غير معدنية، كالورنيش الشفّاف، (transparent varnish) أو الشحم، أن تزيد من القدرة الانبعاثية للسطح المعدني بحيث تصبح مساوية تقريباً لانبعاثية الجسم الأسود.

تشعّ الملابس وجلد الإنسان كالسطوح السوداء تقـريباً، وتمتص الإشعاع ذا الأطوال الموجية الشائعة في الأبنية وأماكن المعيشة الأخرى تقريباً، كالجسم الأسود. ولا تمتاز الملابس البيضـاء عن السوداء في الداخل من هذه الناحية، لكنها في الخارج، تحت الشمس، تعكس معظم الإشعاع الشمسي بينما تمتص الملابس السوداء معظمه، دون أي تأثير خارجي.

وإذا فاقت كمية الطاقة الإشعاعية التي يشعّها جسم الإنسان تلك التي يمتصها من محيطه فإن الجسم يعتبر فاقداً للحرارة. أما إذا كانت كمية الطاقة الإشعاعية التي يمتصها الجسم أكبر، فإن هناك كسباً حرارياً صافياً للجســم.

الحمل الحراري (Thermal Convection)

الحمل الطبيعي أو الحر هو العملية التي يتم فيها تحرّك السائل لوجود تفاوت في كثافته ناتج عن التغيرات في درجة الحرارة. فإذا حُرِّك السائـل بطرق ميكانيكية كالمضخات أو المراوح أو الرياح، سميت هذه العملية حملاً قسرياً (forced convection). ويمكن نقل الحرارة بطريق الحمل من سطح ما إلى سائل أو غاز محيط به أو العكس.

يشتمل البحث في الراحة المقرونة بالمحيط الحراري (thermal comfort) عادة على انتقال الحرارة بين سطح ما والهواء الملامس له.

وعندما تكون درجة حرارة السطح أعلى من درجة حرارة الهواء تنتقل الحرارة من السطح إلى الهواء الملامس له بالحمل فتتغير كثافة الهواء الذي سخن، ثم تتسبّب تأثيرات الجذب الناتجة عن تفاوت الكثافة في تكوين تيارات هوائية تعمل على تحريك الهواء، ويكون تأثير هذه التيارات الهوائية على انتقال الحرارة أكبر بكثير مما لو كان الجو ساكناً تماماً. ومن الطبيعي أن يعتمد معدل انتقال الحرارة بالحمل على الفرق في درجة الحرارة بين السطح والهواء الملامس له.

يندر وجود الهواء في حالة سكون تام، حتى ولا في حجيرة مغلقة، إذ يؤدي التفاوت في درجة الحرارة بين الجدران والسطوح الأخرى إلى حدوث تيارات هوائية تمنع بقاء الهواء ساكناً. وفي حال استعمال المراوح، أو وجود فتحات خارجية، تزداد حركة الهواء فيزداد انتقال الحرارة بالحمل. وتؤثر سرعة هذه التيارات الهوائية والفرق في درجة الحرارة على معدل انتقال الحرارة بالحمل.

إن الهواء سائل غازي (gaseous fluid) وهو يحتوي من ناحية الحجم باستثناء بخار الماء المحتوي على ٢١ ٪ أكسجين، ٧٨ ٪ نيتروجين، ويتكوّن الـ ١ ٪ المتبقي من: كميات ضئيلة من غازات نادرة (آرغون، نيون، كربتون) ثاني أكسيد الكربون (من ٠,٣ إلى ٠,٤ لتر لكل م³)، أول أكسيد الكربون (حوالي ٠,٠٣ لتر لك م³ في المناطق الحضرية وأقل بكثير في الأرياف).

ويحتوي الهواء أيضاً على بخار ماء بمقدار يتراوح بين أربعة أجزاء لكل ألف وجزئين لكل مائة. وتظهر جسيمات الغبار والسناج (soot) في الهواء بانعكاس أشعة الشمس عنها. يدعى الأكسجين والنتروجين وغازات نادرة أخرى بالغازات الدائمة (permanent gases) لأنها لا تسيل إلا عند درجات حرارة قريبة من الصفر المطلق، بينما يتقلب الماء بين حالتي الصلابة والسيولة في المدى (range) المعتاد لدرجة حرارة الهواء في الأقاليم المناخية التي يسكنها الإنسان.

الضغط الجوي Atmospheric Pressure

يمارس الهواء ضغطاً على أيّ سطح موجود في الجو يتناسب مع وزن عمود الهواء فوقه. ويتحمل كل سطح قريب من مستوى سطح البحر ثقلاً يعادل تقريباً ١ كغ لكل س م² أو ١ طن لكل قدم². وإذا ازداد الارتفاع عن مستوى سطح البحر يتلاشى تأثير ضغط الهواء الواقع تحت هذا المنسوب، فيقلّ الضغط على السطح تبعاً لذلك.

ويمكن باستخدام هذا المفهوم التعبير عن الضغط الجوي على أنه ارتفاع عمود من الزئبق في باروميتر (barometer)، مقيساً بالميلليمترات أو البوصات، بشرط أن يكون الضغط عند سطح البحر (pressure at sea level) مساوياً لضغط عمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦٠ مم، أو ٢٩,٩ بوصة تحت درجة حرارة معيارية هي صفر س° (٣٢ ف°). لذلك يجب ضبط البارومتر بحسب درجة حرارة الزئبق وخط العرض (latitude) قبل استخدامه في القياس.

لقد اختير البار (bar) كوحدة لقياس الضغط في النظام القياسي الدقيق الذي تم تبنّيه للاستعمال العلمي بدلاً من عمود الزئبق الاعتباطي. ويعبر عادة في قياسات الضغط الجوي المرتبطة بأعمال الرصد الجوي بالملّي بار (millibar) ويعادل البار الواحد تقريباً ٧٥٠ مم (٢٩,٥ بوصة) من الزئبق تحت درجة حرارة صفر س° (٣٢ ف°)، أو ١٠١٩ سم (٤٠١ بوصة) من الماء. وتعادل هذه القيمة الضغط الجوي فوق سطح البحر بقليل.

بخار الماء Water Vapor

يوجد الماء في مواطن الإنسان وتحت ظروف المناخ المعتادة في حالات ثلاث: جليد صلب، ماء سائل، بخار غازي. وعند نقطة التجمد يمكن أن يكون الماء سائلاً أو صلباً، أما فوق درجة الحرارة هذه فيتحول كل الجليد إلى ماء. وتحتها لا يمكن للماء إلا أن يكون جليداً. ولا بدّ أن

يحتوي الهواء الذي يحيط بالماء سواء كان صلباً أم مائعاً، على قدر معين من بخار الماء.

عموماً تكون الغازات الدائمة (permanent gases) الموجودة في الهواء هي السبب في ظهور الضغط الذي يقيسه البارومتر. غير أن بخار الماء ممكن أن يشارك في إحداث ذلك أيضاً وتعتمد هذه المشاركة على درجة الحرارة، فالهواء قد يحتوي على أقصى كمية من بخار الماء في درجة حرارة معينة وهو ما يطلق عليه حالة التشبع، وتسمى درجة الحرارة التي يبدأ عندها بخار الماء الموجود في خليط من الماء والهواء في التكثف (condensation) بدرجة الندى (dew point).

وهناك عدة طرق للتعبير عن العلاقة بين الرطوبة (humidity) ودرجة الحرارة. ويمكن قياس كمية بخار الماء التي يمكن أن يستوعبها حجم معين من الهواء عند التشبع بعدد غرامات أو حبيبات (grains) البخار لكل حجم من الهواء، أو بنسبة مساهمة بخار الماء في مجمل الضغط الجوي. ويمكن التعبير عن كمية بخار الماء المحتوى في الهواء غير المشبع بنسبة الضغط الذي يسبِّبه هذا البخار إلى الضغط الكلّي الذي يمكن أن يسبِّبه بخار الماء (vapor pressure) ويمكن قياسه بالغرامات لكل م^{٣}، أو بالحبيبات لكل قدم^{٣}. ويمكن إيجاد علاقة بين هذه القيم ونقطة الندى، وهي درجة حرارة الهواء اللازمة لحدوث تشبع في الهواء دون تغيير الضغط البارومتري. . ويمكن بهذه الطريقة التعبير عن كمية بخار الماء الموجودة في الهواء عند درجة حرارة معينة بنسبة مساهمة هذه الكمية من البخار في مجمل الضغط الجوي إلى الكمية اللازمة لحدوث التشبع عند درجة الحرارة نفسها. وتدعى هذه النسبة بالرطوبة النسبية (relative humidity) وتُقاس في كثير من الأحيان بالنسب المئوية.

ويُظهر الملحق (١) تقديرات الكثافة والضغط لبخار الماء المشبع (saturated water vapor) بتراوح في درجة الحرارة من ١٠ إلى ٣٤ س° (١٤° إلى ٩٣ ف°).

إن وزن حجم معين من بخار الماء يكون أقل من وزن نفس الحجم من الهواء مقاساً تحت نفس الدرجة والضغط. لذلك يكون وزن الهواء الجوي المشبع ببخار الماء أقلّ من وزن الهواء الجاف تحت درجة الحرارة والضغط. ولهذا السبب يصعد الماء بعد تبخره إلى الأعلى. وفي الهواء الطلق حيث توجد حرية في الحركة يمكن لحجم معين من بخار الماء أن يحلّ محل حجم مساوٍ من الهواء الجاف دون أن يتغير الضغط الجوي. لذلك يحلّ هواء جاف محل الماء المتبخر من السطوح المائية بشكل مستمر، ثم يترطب بدوره ويبدأ بالارتفاع إلى أن يتكثف على الجسيمات العائمة في الهواء على هيئة سحاب.

ليست العمليات المتعلقة بظواهر الطقس ببسيطة إلى هذا الحد، إذ تتفاعل عوامل مختلفة وعديدة كالحرارة والإشعاع والضغط والريح لخلق اتزان نسبي في الجو مؤداه اكتمال دورة الماء (recycling) في الطبيعة ابتداء بالتبخر، ثم تكوّن السحب وتحرّكها وانتهاءً بالترسب (precipitation).

إن التأثيرات المقرونة ببخار الماء ودرجة الحرارة والضغط وحركة الهواء مهمة جداً في دراسة المناخ بشكل عام والمناخ المحلي (micro climate) بشكل خاص في داخل الأبنية وخارجها، وهي مفتاح لفهم آلية تكوّن السحب والمطر والندى والصقيع وغالبية الظواهر المعلقة بالأرصاد الجوية. ويجب فهم الخواص المتعلقة ببخار الماء من أجل استيعاب العمليات الفيزيائية والفسيولوجية المتعلقة بالتبريد الناتج عن التبخر، إذ تعتمد عليه الراحة المقرونة بالمحيط الحراري (thermal comfort) إلى حدٍّ كبير في المناخات الحارة. فإذا انخفضت درجة حرارة الهواء المشبع ببخار الماء الموجود في حجرة ما، تقلّ قدرة الهواء على استيعاب بخار الماء تحت درجة الحرارة الأخيرة. أما إذا ارتفعت درجة الحرارة فتزداد قدرة الهواء على استيعاب بخار الماء. وفي هذه الحالة يوصف الهواء بأنه جاف أو «عطشان» (thirsty) إلا إذا هبطت درجة حرارته أو امتص بخار ماء من مصدر آخر.

وفي فصل الشتاء قد يحدث شعور بالجفاف في الحلق نتيجة لفقد جسم الإنسان لرطوبته في حجرة مدفأة زيادة عن الحدّ المعقول. ويمكن إعادة رطوبة الهواء إلى ما كانت عليه برغم ارتفاع درجة الحرارة بوضع غلاّية (kettle) فيها ماء يغلي في داخل الحجرة. وقد يحدث نفس الشعور بالجفاف في الطقس الحار، إذ يكون تبخر العرق (prespiration) ضرورياً لخفض درجة حرارة الجسم. في هذه الحالة يدلّ الحلق الظامىء على الحاجة لشرب الماء للمحافظة على استمرارية إفراز العرق.

وعندما تهبط درجة حرارة الهواء دون نقطة التشبّع، يتجمع الماء على هيئة قطرات صغيرة جداً (droplets) فوق جسيمات الغبار العائمة في الهواء. فإذا لامس الهواء سطحاً بارداً بما فيه الكفاية، تكثف بخار الماء فوقه ويتكثف بخار الماء على الجدران الباردة تماماً كما يتكثف على كوب فيه سائل مبرّد بالثلج. وبنفس الطريقة عندما تفوق كمية بخار الماء الكمية اللازمة لتشبُّع الهواء في حيِّز مغلق، يتكثف الفائض من البخار، مثلما يحدث فوق مرآة الحمام في فصل الشتاء أو فوق السطوح الداخلية لنوافذ سيارة مليئة بالركاب.

التبريد بفعل التبخّر Cooling by Evaporation

إذا زادت درجة حرارة سطح مبلّل بالماء عن درجة الندى للهواء المحيط به، فإن الماء الذي يبلّل السطح يبدأ بالتبخّر، ويعتمد معدل تبخر الماء عن السطح على: الرطوبة النسبية للهواء المحيط به، ودرجة حرارة السطح وسرعة (velocity) الهواء. وهكذا يؤدي الانخفاض في الرطوبة النسبية أو الزيادة في سرعة الهواء إلى زيادة تبخّر الماء من فوق السطح المبلّل مع ثبات درجة الحرارة. وعملية تحويل الماء من سائل إلى بخار تحتاج إلى طاقة تدعى طاقة التبخُّر الكامنة (latent heat of evaporation). ويستمد الماء الطاقة اللازمة لتبخّره من السطح نفسه فتهبط درجة حرارته. وتدعى هذه العمليـة التبريد الثابت الحرارة (adiabatic cooling) لأنها لا تتضمن انتقالاً للحرارة من الهواء أو إليه. وقد يبرد الهواء إذا تمدد أو يسخن

إذا تقلص، وقد تتغير درجة حرارته وضغطه ورطوبته النسبية دون أن يؤثر كل ذلك على المحتوى الحراري الكلّي (total heat content).

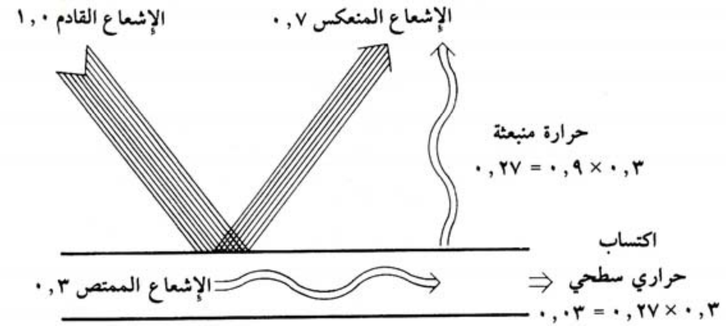
تُستخدم هذه الظاهرة للتبريد في المناطق الحارة الجافة مثل العراق، إذ يضع الناس فوق النوافذ ألواحاً من نباتات صحراوية مجفَّفة يقطر فوقها الماء بصورة مستمرة من ثقوب في أنابيب مارّة فوقها.

وفي الأراضي العشبية من أُستراليا لا يتوافر الثلج للمزارعين، لذا تُحفظ الزبدة باردة بوضعها في صناديق خاصة للمواد الغذائية جوانبها من شبك الدجاج المحشو بالفحم النباتي. إذ توفر هذه الصناديق عند وضعها في الظل خارجاً ورشّ جوانبها بالماء من حين لآخر لكي تظل رطبة باستمرار، محيطاً داخلياً بارداً إلى حدٍّ كافٍ.

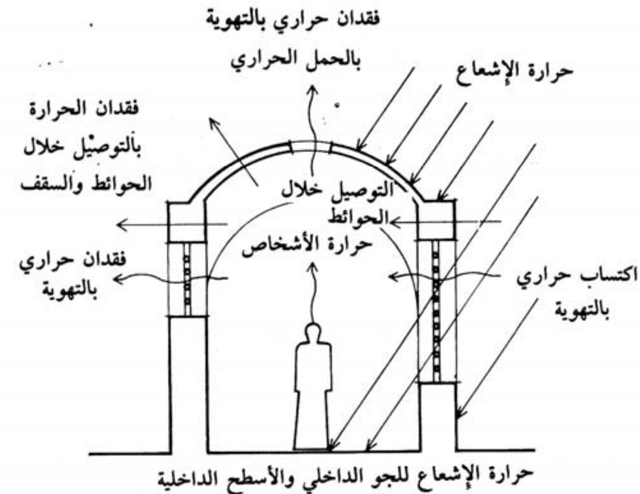
الكسب الحراري Thermal Gain

يمكننا الآن دراسة الطرق المختلفة التي تنتقل بواسطتها الحرارة إلى داخل المبنى باستثناء الأجهزة التي تُستخدم لتدفئة المبنى من الداخل. يمكن للحرارة ـ التي يعتبر الإشعاع الشمسي المصدر الرئيسي لها في المناطق الحارة الجافة ـ أن تنتقل إلى داخل المبنى خلال النهار بعدة طرق.

إن أكثر هذه الطرق أهمية هي طريقة التوصيل (conduction) التي يتم فيها انتقال الحرارة الناتجة عن امتصاص الجدران والسقوف للإشعاع الشمسي خلال مادة الجدار أو السقف. ويعتمد معدل انتقال الحرارة على المواصلة الحرارية (أو المقاومية الحرارية) لمادة البناء المستعملة والمساحة السطحية المعرّضة للإشعاع الشمسي وخواصّ السطح، بشكل أساسي: اللون والملمس. ويبيّن الشكل (٣) العلاقة بين الإشعاع الشمسي الساقط والمنعكس والحرارة التي تمتص أو يُعاد ابتعاثها والاكتساب الحراري فيما يخصّ سطحاً نموذجياً مطلياً بالأبيض. يلاحظ في هذه الحالة، أن ٣٪ من مجموع الطاقة الساقطة تعمل على تسخين المبنى. وللحيلولة دون حدوث ذلك يمكننا ببساطة تظليل السطوح المعرّضة للإشعاع الشمسي.



الشكل (٣) : العلاقة بين الإشعاع الساقط على سطح المبنى واكتساب المبنى للحرارة. (انظر ص ٦٢).



الشكل (٤) : رسم توضيحي لأشكال اكتساب الحرارة وفقدانها في مبنى. (انظر ص ٦٣).

وإذا كانت الفتحات تسمح بوصول الإشعاع الشمسي إلى الداخل فإن الكسب الحراري يزداد نتيجة للتسخين المباشر للهواء والسطوح والأجسام الداخلية، وبمقدار يتناسب مع مساحة السطوح الداخلية. ويمكن الحدّ من نسبة اكتساب الحرارة بهذه الطريقة بمنع وصول أشعة الشمس المباشرة إلى داخل المبنى.

وقد ينتج اكتساب الحرارة عن التهوية (ventilation) فقد يتدفق الهواء الخارجي الدافىء إلى داخل المبنى ويحلّ محل الهواء الداخلي الأكثر برودة الذي يهرب للخارج. وهكذا يتم تبادل الحرارة بين الهواء الخارجي والهواء الداخلي، ويعتمد معدل الازدياد الحراري على معدل التهوية. ويمكن تجنب اكتساب الحرارة الناتج عن التهوية (ventilation heat again) بتصغير قياس الفتحات في الجدران الخارجية خلال النهار عند اشتداد الحر. ومن الأسباب الأخرى لاكتساب الحرارة عدد الناس الموجودين في المبنى والتجهيزات المنزلية كالمصابيح والأدوات الكهربائية. وتختلف هذه الأسباب عن الإشعاع الشمسي إذ انها تسخّن المبنى في النهار والليل على السواء. ويوضح الشكل (٤) أساليب اكتساب الحرارة هذه.

الفقدان الحراري Thermal loss

يكتسب المبنى كمية من الحرارة خلال النهار تفوق بكثير تلك التي يكتسبها خلال الليل بينما لا يكون الفرق بين الحرارة التي يفقدها المبنى في الليل وفي النهار ملحوظاً. تفقد الجدران الحرارة بنفس الطريقة التي تكتسبها بها، بالتوصيل تماماً، وذلك بعيد امتصاص السطح للإشعاع الشمسي. وتفقد السقوف الحرارة كذلك بطريقتين: التوصيل والحمل.

والتهوية شكل آخر من أشكال خسران الحرارة بخروج الهواء الدافىء من خلال فتحة في السقف أو الجدار ليحلّ محله هواء أكثر برودة من الخارج. ويمكن إبطاء هذه العملية خلال الليل بإغلاق الفتحات الخارجية.

وقد يؤدي التبخّر الذي يحدث فوق السطح الخارجي للمبنى أو فوق الأجسام الموجودة في داخله إلى تبريد المبنى، مما يجعله مصدراً من مصادر خسران الحرارة. وفي المناخات الحارة الجافة، يمكن أن يكون أثر التبخر في التبريد كبيراً إذ يكون معدل التبخّر عادة في الهواء الجاف عالياً جداً. ويوضح الشكل (٤) أساليب فقدان الحرارة.

الاتزان الحراري الديناميكي

Dynamic Thermal Equilibrium

لا نخطىء إذ قلنا بأن هناك في جميع الأوقات اتزاناً بين الحرارة التي يكتسبها المبنى وتلك التي يفقدها. ويؤدي وجود هذا الاتزان إلى توزيع داخلي منتظم للحرارة في المبنى. وتعتمد درجة الحرارة في الداخل على كلٍّ من درجة الحرارة الخارجية (المحيطة) (ambient) ونسبة الحرارة المكتسبة إلى الحرارة المفقودة. ويمكن تعديل درجة الحرارة الداخلية بضبط مصادر الفقدان والكسب الحراري. فإذا قلّلنا الفقد الحراري في مبنى معزول حرارياً، فإن ذلك سوف يؤدي حتماً إلى ارتفاع درجة حرارته الداخلية، تماماً مثلما يحدث إذا تركت سيارة في الشمس ونوافذها مغلقة. وتسمى هذه الطريقة في كسب الحرارة بالكسب الحراري المقرون بأثر البيت الزجاجي (green house gain). وبالمقابل، يمكننا أن نخفض درجة الحرارة في الداخل باللجوء إلى استخدام إحدى الوسائل التالية أو كلها: تظليل السطح الخارجي المعزول، عدم السماح بنفاذ الإشعاع الشمسي إلى داخل المبنى، زيادة تدفق الهواء البارد، بناء الجدران من مواد تتدنى فيها وسائل إيصال الحرارة وطلاؤها بألوان فاتحة، وجعل سقوف الحجرات عالياً وعمل فتحات للتهوية في أجزائها العلوية، وتوفير المياه التي يؤدّي تبخرها إلى خفض درجة الحرارة في بركة فوق السقف أو في نافورة داخلية.

وفي الواقع يكون التغيّر في الوضع المرتبط بدرجة الحرارة في داخل

المبنى خلال اليوم بطيئاً لسببين مهمين: أولاً، إن التغيّر في شدة الإشعاع الشمسي ودرجات الحرارة الخارجية يحدث ببطء، وتتغير تبعاً لذلك درجات الحرارة الداخلية بشكل مستمر وفوري بحسب معدلات الفقد والكسب الحراري المتغيِّرة باستمرار، وثانياً، إن تأثر كتلة المبنى بالتغيرات الخارجية ليس فوريّاً إذ إن للمواد التي يتكوّن منها المبنى قصوراً ذاتياً حرارياً (thermal inertia) يتطلب منها زمناً يتراوح بين عدة دقائق وعدة ساعات للاستجابة لأيّ تغيّر يطرأ على درجة الحرارة. ويمكن الاستفادة من مبدأ القصور الحراري للتدفئة أو التبريد الديناميكي في المباني المختلفة باختيار نوع المادة التي يُصنع منها الجدار وسمكها، بحيث يحتاج دفء النهار إلى النهار بطوله للنفاذ إلى داخل المبنى، فيكون تأثيره إذ ذاك على المناخ الموضعي إيجابياً ومرغوباً به، كما أنه يتلاشى قبل حلول الصباح.

وهكذا نرى كيف أن المناخ الموضعي في داخل المبنى هو في حالة دَفْق مستمر (constant flux)، وأن الاتزان الذي يحدث هو اتزان ديناميكي، كما أن توفير مناخ موضعي مريح يتطلب تقليص التفاوت في الظروف المناخية الموضعية بحيث لا تتجاوز بأيّ حال من الأحوال ما تقتضيه راحة الإنسان وسهولة أداء أعضائه لوظائفها الفسيولوجية. ويمكن تحقيق ذلك بضبط البارمترات (parameters) المختلفة التي تتحكم في فقدان الحرارة وكسبها.

قبل البحث في الأنظمة والأجهزة التي تمّ تطويرها لتحقيق هذا الغرض في المناطق الحارّة والجافة لا بدّ من الإلمام بآلية ضبط الحرارة في جسم الإنسان والشروط المناخية الموضعية الضرورية لراحته.

نظم ووسائل ضبط الحرارة في جسم الإنسان

Heat - Regulating Mechanisms of the human Body

وكما قلنا سابقاً يجب أن يحتفظ جسم الإنسان بدرجة حرارة مستقرة مهما اختلف التفسير في درجات حرارة الهواء الخارجي. ويخضع جسم

الإنسان لقوانين الفيزياء نفسها التي تخضع لها الأجسام الأخرى. فهو يكسب الحرارة ويخسرها بالعمليات التالية التي سبق شرحها: انتقال الحرارة بالإشعاع الذي ينتقل في الفراغ، توصيل الحرارة من جسم لآخر، الحمل عند اتصالهما بعضهما ببعض، حمل الحرارة الناتج عن انتقال الحرارة من جسم دافىء إلى الهواء المحيط به، فيصعد إلى أعلى ويحلّ مكانه الهواء الأبرد منه أو الناتج عن فقدان السطح الذي يتبخر ما فوقه للحرارة اللازمة للتبخّر. لكن جسم الإنسان يختلف عن المعدن أو الماء في أنه يتفاعل مع أيّ مؤثّر خارجي بشكل فعّال وإرادي، إذ تولّد عمليات التفاعل الحيوي (الأيض) حرارة داخل الجسم. ومثل المحرّك المولّد للحرارة وأيّ محرّك آخر يحرق جسم الإنسان الوقود الذي يكون على هيئة غذاء محوّلاً جزءاً منه إلى حرارة والجزء الآخر إلى طاقة للقيام بالأعمال المختلفة. وكالمحرّك تماماً يكون قيام الجسم بوظائفه الحيوية مصحوباً ببعض الحرارة الزائدة التي قد تكون غير مرغوب فيها، لذا يجب أن يتخلص منها الجسم بسرعة كما هي الحال بالنسبة للسيارة.

وفي البيئات الحارّة تزداد حاجة جسم الإنسان إلى التخلّص من الحرارة الزائدة لضبط حرارة الجسم بالمحافظة على وجود اتّزان بين كسب الحرارة وفقدها. ولجسم الإنسان آلية فعّالة تمكّنه من ضبط درجة حرارته للمحافظة على الاتزان الحراري المطلوب ولا تفقد آلية ضبط الحرارة هذه فاعليتها إلا عند تعرّض جسم الإنسان لظروف مناخية قاسية لفترات زمنية طويلة.

ينتج عن عمليات التفاعل الحيوي في داخل جسم الإنسان بعض الحرارة بصورة مستمرة. وحتى في حالة الراحة التامة يستمرّ إنتاج كمية لا بأس بها من الحرارة. وقد يبلغ إنتاج الحرارة الأساسي في جسم الإنسان العادي البالغ **٧٣** ك سعر / س (**٢٩٠** و. ح. ب) وقد يتضاعف هذا المعدل ثماني مرات لفترة زمنية قصيرة عند القيام بالتمرينات الرياضية العنيفة، إلا أن متوسط إنتاج الحرارة على مدى **٢٤** ساعة لن يزيد بأية حال

جدول رقم (٣): عمليات فقد وكسب الحرارة في جسم الإنسان:

الآليّة	عملية الكسب	عملية الفقد
الأيض	• إنتاج الحرارة الأساسيّ. • الهضم. • النشاط. • انقباض وارتجاف العضلات للتغلب على البرد.	
الإشعاع	• بفعل التعرّض للإشعاع الشمسّ المباشر وغير المباشر. • بفعل الإشعاع الصادر عن المُشِعَّات (radiators).	• إلى الهواء المحيط.
الحَمْل	• من الهواء المحيط الذي درجة حرارته أعلى من درجة حرارة الجلد (ويزداد الكسب بزيادة حركة الهواء). • من الأجسام الأدفأ الملامسة للجلد.	• إلى الهواء المحيط الذي درجة حرارته أقل من درجة حرارة الجلد. • إلى الأجسام الأبرد الملامسة للجلد.
التبخُر		• بفعل عملية التنفُس. • بفعل تبخر العرق أو الماء فوق سطح الجلد.

عن ١٣٠ ٪ من المعدل الأساسي للعمل الموضعي الذي يقوم به الإنسان وهو جالس في مكانه وعن ٣٠٠ ٪ للعمل اليدوي الشاق[١١].

ويبيّن الجدول (٣) أنماط اكتساب الحرارة وفقدانها من جسم الإنسان إلى محيطه وبالعكس، وذلك فيما يتعلق بعمليات التفاعل الحيوي وثلاث من الوسائل الفيزيائية لتبادل الحرارة: الإشعاع، التوصيل، التبخّر.

إن لحركة الهواء تأثيراً هامًّا على انتقال الحرارة بين الجلد والهواء الملامس له إذ تؤدي حركة الهواء إلى زيادة في معدل انتقال الحرارة من الجسم أو إليه. كما تزيد حركة الهواء من معدل فقدان الحرارة بفعل التبخّر. ولضمان استمرارية فقدان الحرارة بفعل تبخّر العرق عن سطح الجلد لا بدّ من أن يكون لبخار الماء الحرية الكافية للابتعاد عن موقع التبخّر، إذ إن الفرق بين ضغط البخار عند سطح الجلد وضغط الهواء المحيط به هو العامل الذي يحدد مدى سهولة أو صعوبة تبريد الجلد بفعل التبخّر. ويعتمد ضغط البخار عند سطح الجلد بشكل كبير على تلك المساحة من الجلد المبلّلة بالعرق التي تتراوح بين أقل من ١٠ ٪ من مساحة الجلد في يوم جاف ومعتدل البرودة، وبين ١٠٠ ٪ عندما يكون الجلد مبلَّلاً بالعرق تماماً.

قد تكون النتائج المترتبة على الإجهاد الحراري هامة جداً أحياناً. فعندما يواجه جسم الإنسان صعوبة في فقدان الحرارة تتسع الأوعية الدموية في الجلد مما يسمح بمرور كمية أكبر من الدم وبالتالي يزداد التبريد الناتج عن فقدان الحرارة بالعمليات المشروحة أعلاه. وقد تتطلب الزيادة في حجم الأوعية الدموية أحياناً كمية من الدم يعجز جسم الإنسان عن توفيرها، لذا يحاول الجسم أن يعوّض هذا النقص بالتقليل من كمية الدم التي تتلقاها الأوعية الدموية في الأجزاء الداخلية من الجسم. أما إذا لم

١١ ـ دوغلاس لي. الشروط الفسيولوجية المطلوب توافرها في الإسكان للمناطق ذات الجو الحارّ: مقدمة في تصميم الإسكان للمناطق ذات الجو الحارّ. (واشنطن. D.C.: مكتب المطبوعات الحكومية ١٩٥٣).

[لم] يكن هذا التقنين كافياً، فقد يحرم الدماغ من كمية الدم اللازمة، مع أن [هذا] قد لا يكفي لتوفير الكمية المطلوبة من الدم لتغذيته مما يؤثر على [أ]نسجته الحسّاسة التي تتأثر بسرعة بنقص الأكسجيـن الذي يصلها في الدم، وتبدأ الأعراض المرضية التالية بالظهور وهي «الإعياء الحراري» (heat exhaustion)، الارتخاء (lassitude)، والصداع (headache)، والغثيان (nausea)، والـدّوار (dizziness)، والضيق (uneasiness)، والإغمـاء (fainting). ومن ناحية أخرى يحتمل أن يؤثر وجود تباين كبير لمؤثرات حادة على كفاءة أداء جسم الإنسـان دون أن تؤدي إلى إعياء كلّي. وبالإضافة إلى ذلك، فإن لجسم الإنسان قدرة لا يُستهان بها على إفراز العرق، إذ يمكن لجسم الإنسان الذي يقوم بعمل متوسط الصعوبة في ظروف حارّة وجافّة أن يفرز قرابة ١,٥ لتر (٣ باينت) من العرق في الساعة الواحدة. وبالرغم من عجزه عن الاستمرار في ذلك لأكثر من ساعتين أو ثلاث على الأكثر، إلا أنه قد يفقد قرابة ٨ لترات (٤ جالونات) في اليوم الواحد، مما يحتّم الاستعاضة عن ذلك بشرب الماء. إن ٨ لترات من الماء لكمية أكبر من أن يحتمل جسم الإنسان فقدانها. وحتى لو كان معدل إفراز العرق أقل من ذلك، فقد تكون هناك أوقات تزيد فيها كمية الماء المفقودة عن الكمية المكتسبة، مما يؤدي إلى استنفاد الإمداد الدموي غير المنتظم، ويزيد خطر الإصابة بالإعياء الحراري. وينتج عن الإجهاد الحراري بصورة غير مباشرة، ما يلي:

انخفاض النشاط الغذائي بـ (alimentary activity) بسبب الإمداد الدموي غير الكافي، وعدم الارتياح بسبب ارتفاع حرارة ورطوبة الجلد، وتزايد خطر الاضطرابات الجلدية عند حك الجلد الرطب، وتزايد احتمال حدوث نقص في الأملاح نتيجة لفقدها في إفرازات العرق، وتزايد احتمال تكوّن حصى بولية بسبب قلّة التبوّل[١٢].

لهذا يكون لزاماً تجنب الظروف التي قد تجهد عمليات ضبط الحرارة

١٢ ـ المرجع الأخير.

في جسم الإنسان حتى لا تُعيق قيامه بوظائفه الطبيعية أو تؤثر في عافيته. وليس هناك ما يوجب ضمان حالة مناخية دائمة لتحقيق راحة الإنسان المتعلقة بمحيطه، إذ يمكن المحافظة على ظروف المناخ الموضعي ضمن اختلاف معقول ببذل جهد بسيط نسبياً، إذا ما قيس بالزيادة التي تنتج عنه في كفاءة عمل الإنسان، وإن الهدف الرئيسي من العمارة الاستوائية هو ضمان وجود هذا التباين في الشروط المناخية الموضعية ضمن الحدود المعقولة.

القياسات المتعلقة براحة الإنسان في محيطه
Measurement of conditions of human comfort

تتطلب عملية القياس توافر معيار ملائم لراحة الإنسان في محيطه. ويظهر التحليل الدقيق وجود عوامل عديدة تتسبب في حدوث حالات عدم توفر الراحة للإنسان في محيطه. ففي أثينا تكون درجة الحرارة ٣٢ س° (٩٠ ف°) مقبولة، في حين لا يمكن احتمالها في البحرين بشكل عام. يرجع هذا التباين كلية إلى نسبة درجة الرطوبة في الجو. فالهواء في البحرين رطب جداً فيكون تبخّر العرق بطيئاً مما يقلّل من قدرة الجسم على التخلّص من الحرارة الزائدة. أما في أثينا، وبسبب هوائها الجاف، فيزداد معدل سرعة تبخّر العرق مما يقلّل من درجة حرارة الجسم.

إن العوامل التي لا شك في أنها أصبحت مقياساً ملائماً لما يتعلق براحة الإنسان المقرونة بالمحيط الحراري داخل الأبنية هي التالية:

درجة حرارة الهواء، درجة رطوبة الهواء، معدل حركة الهواء، شدة الإشعاع ومستواه، معدل إنتاج الحرارة لأجسام الناس الموجودين داخل المبنى. وقد أدّت الدراسات الموسّعة التي أُجريت إلى وضع معايير فيزيولوجية ممثِّلة لكل هذه المتغيرات. ففي الولايات المتحدة، يستخدم العلماء مؤشراً أثبتت التجارب قدرته لأن يكون معياراً ملائماً للتعبير عن الدفء المحيطي (environmental warmth)، هو درجة الحرارة الفعّالة

(*effective temperature*)، ويشمل هذا المعيار: درجة الحرارة، درجة الرطوبة، سرعة الهواء، باستثناء الإشعاع، ويطلق عليه صفة القياس للحسّ الحراري (heat sensation) الذي قدّمه هيوتن وياغلو (Houghton and Yaglou) على أنه درجة حرارة الهواء الساكن والمشبع الذي يسبّب نفس الشعور بالحر أو البرد الذي تسبّبه درجة الحرارة ودرجة الرطوبة وحركة الهواء مدار البحث مجتمعة. ثم طوّر فرنن ووارنر (Vernan and Warner) هذا القياس باستخدام درجة الحرارة المقيسة بالمحرار الكروي (globe thermometer) بدلاً من درجة حرارة الهواء المقيسة بالمحرار ذي البصيلة الجافة (dry-bulb thermometer)، مما جعله يشتمل على قياس تقريبي لمركّبة الإشعاع. ويسمّى هذا المعيار «درجة الحرارة الفعّالة المصححة» (corrected effective temperature) وهو من أفضل مقاييس الحسّ الحراري المتوافر حالياً للاستخدام في المناطق الاستوائية.

إن درجة الحرارة الفعّالة هي في الحقيقة مقياس فيزيولوجي لدرجة الحرارة. ولتحديدها بدقة عُرّض عدد كبير من الناس لتباين كبير في كلّ من درجة الحرارة ودرجة الرطوبة وسرعة الهواء، كما رُصد الحسّ الخاصّ بكلّ منهم. وتبين فيما بعد أن الانفعالات الموضوعية فيزيولوجياً للأشخاص، مثل معدلي النبض والتنفس، كانت متناسقة مع مقياس درجة الحرارة الفعّالة هذا. لكن هذا لا يعني الافتراض بأن هذا القياس يمكن تطبيقه دونما تمييز في العالم كله بنفس مستوى الدقة. فقد كان مبتدعوه الأمريكيون أول مَن أشار إلى القصور الناجم عن كون هذا المقياس قد تم التوصل إليه بإجراء التجارب على مواطنين أمريكيين يرتدون ملابس أمريكية في تركيبها وطرازها. فمن أجل عمل مقياس دقيق لدرجة الحرارة الفعّالة في الباكستان، مثلاً، يصبح من الضروري إعادة إجراء البحث باستخدام مواطنين باكستانيين وملابس باكستانية الصنع.

وتَظهر العوامل الفيزيائية الواجب قياسها والأدوات اللازمة في الجدول (٤)، فتكون القياسات التي تؤخذ بواسطة مقياس حرارة كروي شاملة لآثار التسخين الناتجة عن الإشعاعات تحت الحمراء التي تبثها

جدول رقم (٤) : العوامل الواجب قياسها لتحديد مقياس درجة الحرارة الفعّالة والأجهزة اللازمة:

العامل	الجهاز
درجة حرارة الهواء	مقياس درجة حرارة مفضَّض أو مقياس درجة رطوبة دواميّ ذو بُصَيْلة جَافَّة
درجة حرارة الهواء الشاملة لأثر الحرارة المُشَعَّة	مقياس درجة حرارة كرويّ (globe thermomater)
درجة رطوبة الهواء	مقياس درجة رطوبة دواميّ ذو بصيلة رطبة
حركة الهواء	مقياس درجة حرارة هابط (kata thermometer)

الأرضيات والسقوف والجدران الدافئة. بيد أننا باستخدام مقياس الحرارة ذي البصيلة الجافة لمقياس درجة رطوبة مُـدَوِّم (whirling psychrometer) يمكننا إيجاد قيمة تقريبية دقيقة لدرجة حرارة الهواء الأساسية، إذ إن سرعة حركته في الهواء كافية لإلغاء التأثيرات الإشعاعية. إن مقياس الحرارة كاتا الهابط (kata thermometer) يتفوق على المقياس الدوار لشدة الريح وسرعتها لأنه يقيس مجموع تأثيرات التيارات الهوائية المتغيرة التي يتأثر بها مقياس شدة الريح وسرعتها، بالرغم من أهميتها من الناحية الفيزيولوجية. ويقيس مقياس الحرارة الهابط أيضاً السرعة الصغيرة التي يعجز عن قياسها معظم مقاييس سرعة الريح دون حاجة إلى تقويم.

ويبيّن الجدول (٥) بعض الأمثلة لدرجات حرارة فعّالة تتلاءم مع كلٍّ من: درجة حرارة الهواء، والرطوبة النسبية، وسرعة الهواء. ولتحقيق أقصى حدود الراحة للإنسان في محيطه داخل الأبنية المكيَّفة، فإن أفضل ترتيب لدرجة الحرارة الفعّالة هو ٢٢,٢° - ٢٣,٣ س° (٧٢° - ٧٤ ف°) وهو يتلاءم مع درجات حرارة للبصيلة الجافة ٢٥,٦° - ٢٦,٧ س° (٧٨° - ٨٠ ف°) عندما تكون الرطوبة النسبية ٥٠ ٪.

جدول رقم (٥): بعض الأمثلة لدرجات الحرارة الفعّالة، المتناظرة مع قيم مختلفة لكل من: درجة حرارة الهواء، الرطوبة النسبيّة، سرعة الهواء:

درجة حرارة البصيلة الجافة	الرطوبة النسبيّة (٪)	درجة الحرارة الفعّالة عندما تبلغ سرعة الهواء:			الفرق في درجة الحرارة الفعّالة عند زيادة سرعة الهواء من ٠,١٠ إلى ٢٢,٥ م/ث (٠,٣٣ إلى ٧٣,٨ قدم/ث)
		٠,١ س م/ث (٠,٣٣ قدم/ث)	٠,٥ س م/ث (١,٦٤ قدم/ث)	٢٢,٥ م/ث (٧٣,٨ قدم/ث)	
٤٠,٦ (١٠٥)	٧٥	٣٦,٧ (٩٨)	٣٦,٧ (٩٨)	٣٦,١ (٩٧)	- ٠,٦ س° (- ١ ف°)
	٤٠	٣٢,٨ (٩١)	٣٢,٢ (٩٠)	٣١,٤ (٨٨,٥)	- ١,٤ س° (- ٢,٥ ف°)
	٢٠	٣٠,٦ (٨٧)	٣٠,٠ (٨٦)	٢٩,٢ (٨٤,٥)	- ١,٤ س° (- ٢,٥ ف°)
٣٥ (٩٥)	٩٠	٣٣,٩ (٩٣)	٣٣,٣ (٩٢)	٣٢,٢ (٩٠)	- ١,٧ س° (- ٣ ف°)
	٧٥	٣١,٧ (٨٩)	٣١,٤ (٨٨,٥)	٣٠,٠ (٨٦)	- ١,٧ س° (- ٣°)
	٤٠	٢٨,٩ (٨٤)	٢٨,٣ (٨٣)	٢٦,٩ (٨٠,٥)	- ٢,٠ س° (- ٣,٥ ف°)
٢٩,٤ (٨٥)	٩٠	٢٨,٦ (٨٣,٥)	٢٧,٧ (٨٢)	٢٥,٦ (٧٨)	- ٣,٠° (- ٥,٥ ف°)
	٧٥	٢٧,٢ (٨١)	٢٦,٧ (٨٠)	٢٤,٤ (٧٦)	- ٢,٨ س° (- ٥°)
	٤٠	٢٤,٤ (٧٦)	٢٣,٩ (٧٥)	٢٢,٢ (٧٢)	- ٢,٤ س° (- ٤ ف°)

ملاحظة: كل درجات الحرارة المطلقة مقيسة بالوحدة س° (ف°).

هذه المقاييس الفيزيولوجية مفيدة عند الأخذ بعين الاعتبار راحة الإنسان في مختلف نواحي محيطه. وعلينا أن نتذكر أن الأبنية قد تقلّل من سرعة الريح، إذ بيَّنت دراسات أُجريت في لندن أن سرعة الريح عند مستوى الشّارع عموماً تساوي تقريباً ثلث سرعة الريح التي لا يعترض مسارها أية عقبات.

ومن أجل المقارنة بين الانفعالات الإنسانية في مختلف الظروف المتعلقة بالحرارة والرطوبة وسرعة الهواء بشكل موضوعي، فقد تم وضع عدة معايير لقياس راحة الإنسان المقرونة بالمناخ الموضعي (micro clima- tic comfort sensation sales) والملحق (II) يوفّر مثالاً لمعيار من هذا النوع وشروط استخدامه.

لقد طلب في مدرسة لندن لعلم الصحة والطب الاستوائي من مجموعة من الطلاب عددهم ٣٢ تسجيل إحساساتهم بالراحة المحيطية تحت ظروف محددة تتعلق بدرجة الحرارة ودرجة الرطوبة وسرعة الهواء. وهذه المجموعة كانت تشتمل على أعداد متساوية تقريباً من كلٍ من بريطانيا والولايات المتحدة ودول استوائية. ويعطي الجدول (٦) ملخصاً لاستجابات الطلبة تحت درجة حرارة ٢٢,٢ س°. (٧٢ ف°) للبصيلة الجافة ودرجة حرارة ١٦,١ س° (٦١ ف°) للبصيلة الرطبة، ورطوبة نسبية ٥٦ ٪ وتراوح لسرعة الهواء ٠,٢٥ ـ ٠,٣٨ م / ث.

ورغم كونها تجربة ابتدائية ولا يمكن استخلاص نتائج قاطعة منها بالإضافة إلى صغر العيِّنة من الطلاب الذين أُجريت عليهم الدراسة، إلا أنها تُظهر بعض الاختلافات الجوهرية بين الأشخاص الذين يقطنون بلاداً استوائية وآخرين ممّن يقطنون بلاداً ذات مناخ معتدل فيما يتعلق بإحساسهم بالراحة المحيطية (comfort sensation).

يبيِّن الجدول (٧) المقادير المتعلقة بتكييف الهواء التي يفضّلها ساكنو الأبنية في الدول الاستوائية وقد جرى حساب درجة الحرارة الفعّالة باعتبار سرعة الهواء ٠,٣ م / ث (٦٠ قدماً / د).

جـدول رقـم (٦): ملخّص للأحاسيس المقرونة بالراحة المحيطيّة لمجموعتين من الطلبة تحت درجة حرارة للبصيلة الجافة مقدارها ٢٢,٢ س° (٧٢ ف°)، للبصيلة الرطبة ١٦,١ س° (٦١ ف°)، رطوبة نسبيّة ٥٦٪، وتراوح لسرعة الهواء ٠,٢٥ ـ ٠,٢٨ م/ ث (٥٠ ـ ٧٥ قدماً/ د):

الحسّ بالراحة المحيطيّـة	طلبـة من مناطق معتدلة (٪)	طلبـة مـن مناطق استوائية (٪)
درجة حرارة مناسبة	٣٦	٧
زائد الدفء	١٤	صفر
غير مريح الاستنشاق	٣٠	صفر
مريح البرودة	٧	٣٦
مريح الجفاف	صفر	٣١
هواء نقيّ	٣٠	٥٠

جـدول رقـم (٧): القيم المثلى لكل من: درجة الرطوبة ودرجة الحرارة المقرونة بالأحوال المحيطيّة واللازمة لتحقيق التكييف الأمثل للهواء لأربع من المدن الاستوائية:

	درجة حرارة البصيلة الجافة	درجة حرارة البصيلة الرطبة	نقطة الندى	الرطوبة النسبيّة	درجة الحرارة الفعّالة
الأحوال المحيطيّـة					
دلهي، الهند	٤٣,٣ (١١٠)	٢٤,٤ (٧٦)	١٦,١ (٦١)	٪٢١	٣٠,٤ (٨٦,٨)
عبادان، إيران	٤٦,١ (١١٥)	٢٦,٧ (٨٠)	١٩,٤ (٦٧)	٪٢٢	٣١,٩ (٨٩,٥)
لاغوس، نيجيريا	٣٥,٠ (٩٥)	٢٨,٣ (٨٣)	٢٧,٨ (٨٢)	٪٦٢	٣٠,٢ (٨٦,٣)
بومباي، الهند	٣٢,٢ (٩٠)	٢٧,٧ (٨٢)	٢٦,٧ (٨٠)	٪٧٢	٢٩,٠ (٨٤,٢)
الأحوال المثلى	٢٥,٦ (٧٨)	١٩,٤ (٦٧)	١٥,٦ (٦٠)	٪٥٥	٢٢,٥ (٧٢,٥)

ملاحظة: كل درجات الحرارة مقيسة بالوحدة: س° (ف°).

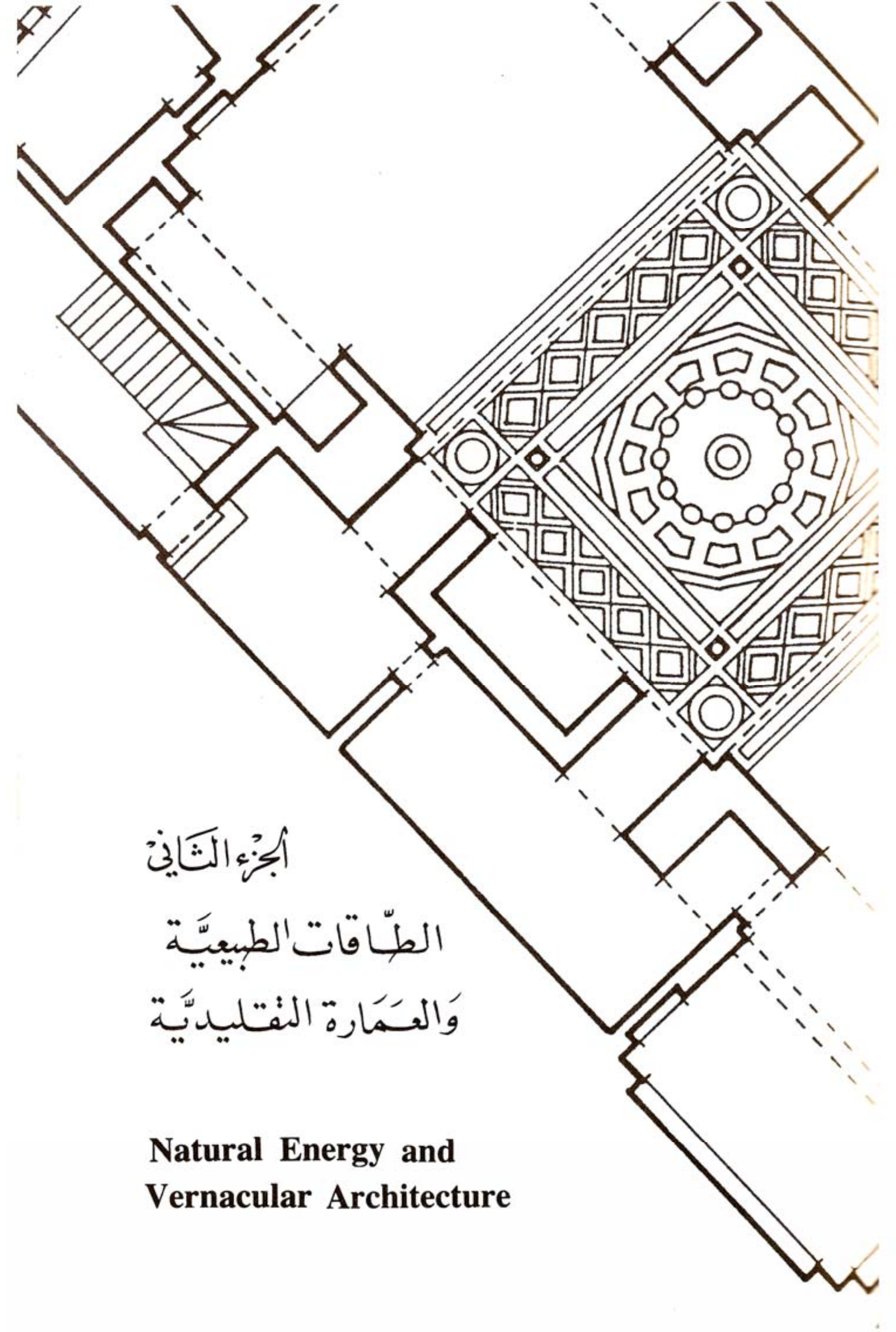
جـدول رقـم (٨): مقارنة بين الأحوال المحيطيّة في الداخل والخارج المتعلقة بدرجات الحرارة والرطوبة، المقرونة بوجود حركة للهواء بسرعة مقدارها ٣,٠ م/ ث (٦٠ قدماً/دقيقة) فوق سطح مائيّ:

المكـان	درجة حرارة البصيلة الجافّة	درجة حرارة البصيلة الرطبة	درجة الندى	الرطوبة النسبيّـة	درجة الحرارة الفعّالـة
في الخارج	٤٣,٣ (١١٠)	٢٤,٤ (٧٦)	١٦,١ (٦١)	٢١٪	٢٩,٥ (٨٥,٢)
في الداخل	٣٢,٢ (٩٠)	٢٦,١ (٧٩)	٢٤,٤ (٧٦)	٦٥٪	٢٧,٢ (٨١,٠)

ملاحظـة: كل درجات الحرارة مقيسة بالوحدات، س° (ف°).

ويبيّن الجدول (٨) إمكانية الاستغناء عن تكييف الهواء الميكانيكي الذي يعتبر وسيلة باهظة الثمن في الأماكن التي تكون فيهـا الظروف المحيطية حارّة وجافّة، مثل دلهي أو لاهور. ويمكن أيضاً خفض درجة الحرارة الفعّالة في داخل المباني في مثل هذه الظروف المناخية بمقدار ٢,٣ س° (٤,٢ ف°) وذلك بالسماح بتبخّر المياه من فوق سطح مبلّل التأكد من تحرّك الهواء فوقه سرعة لا تقلّ عن ٠,٣ / ث (٦٠ قدماً / د).

إن التفهّم الصحيح للمبادىء الطبيعية المؤثّرة في راحة الإنسان المقرونة بمحيطه يؤهلنا لدراسة الكيفية التي يمكن بها تطبيق المفاهيم العلميـة في التصميم المعماري وتخـطيط المدن في المنـاطق الحارّة والجافّة.



الجزء الثاني

الطّاقات الطبيعيّة
وَالعَمارة التقليديّة

**Natural Energy and
Vernacular Architecture**

الفصل الثالث

العمارة والراحة المحيطيّة

Architecture and comfort

قبل ظهور الأساليب الميكانيكية الحديثة لتوفير الراحة، اضطر الناس في المناطق الحارة والجافة والدافئة الرطبة إلى استنباط وسائل لتبريد مساكنهم باستخدام مصادر الطاقة والظواهر الفيزيائية الطبيعيتين. وتبين أن هذه الحلول عموماً، أكثر انسجاماً مع وظائف جسم الإنسان الفيزيولوجية، من الوسائل الحديثة التي تعمل بالطاقة الكهربائية كأجهزة التبريد وتكييف الهواء.

وفيما يخصّ غالبية الناس في الدول التي ما تزال صناعاتها في طور النمو، لم يتغير الوضع مطلقاً، إذ لا تتوافر مصادر الطاقة الشائعة الاستعمال في العالم الصناعي في تلك الدول بأسعار معقولة. لذلك فإن هناك حاجة واضحة لتطوير تلك الوسائل التي تعتمد على الموارد الطبيعية. لكن قبل تقديم أو ابتكار حلول ميكانيكية جديدة يجب تقييم الحلول التقليدية الموجودة في العمارة التقليدية وتبنّيها أو تعديلها وتطويرها لكي تلائم متطلبات العصر، وذلك بالاعتماد على التطورات الحديثة في علم الفيزياء والعلوم الإنسانية، بما في ذلك تكنولوجيا البناء والفيزياء وعلم الديناميكا الهوائية (aerodynamics) وعلم الديناميكا الحرارية (thermodynamics) وعلم الأرصاد الجوية وعلم وظائف الأعضاء.

التصميم المعماري لتوفير مناخ موضعي مريح
Architectural Design for a Comfortable Microclimate

في التصميم والتخطيط للمناطق الحارة الجافة، والدافئة الرطبة تواجه المعماري معضلتان رئيستان: تأمين وقاية من الحرّ وتوفير تبريد كافٍ. وتقوم الشمس التي تعد المصدر الرئيس للضوء والحرارة للأرض بتكوين عناصر المناخ الثانوية من رياح ورطوبة التي تؤثر في راحة الإنسان الفيزيولوجية (physicological comfort). تعتمد هذه العناصر في تكوينها على تضاريس الموقع وطبيعة معالمه السطحية كالجبال والسهول والمحيطات والصحارى والغابات وما إلى ذلك. كما يؤدي التفاعل الذي يحدث بين هذا المصدر الهائل للطاقة والتأثيرات الناجمة عنه، وبين المعالم الطبيعية للمكان إلى خلق ما يدعى، المناخ الوضعي (micro climate) الذي هو موضوع علم الأرصاد الجوية (meteorology).

وتحدث البيئة العمرانية (built environment) أيضاً تغييرات في المناخ الموضعي إذ تؤثر الطريقة التي تتوزع بها الأبنية واتجاهها بالنسبة للشمس وتشكيلها في الفضاء (space) في خلق مناخ موضعي خاص بكل موقع. يضاف إلى ذلك أثر مواد الإنشاء ومظهرها الخارجي وألوان السطوح المعرّضة وطريقة تصميم الأماكن المكشوفة كالشوارع والأفنية والحدائق والساحات. ويؤدي التفاعل ما بين المعالم التي يصنعها الإنسان على وجه الأرض والمناخ الموضعي الطبيعي إلى ظهور تلك العوامل التي تؤثر في راحة الإنسان بالنسبة لعوامل البيئة العمرانية التالية: الضوء، الحرارة، الرياح، الرطوبة.

وليس هناك أدنى شك في أن بعض التوزيعات تخلق مناخات أفضل من غيرها. فلكل موقع تشكيل فراغي أفضل (optimum arrangement in space) يجب على كل مصمِّم أن يكتشفه ويستعمله كمرجع قياسي (standard of reference) من أجل اتخاذ القرارات التصميمية المناسبة. ومن الخطأ الفادح إدخال أيِّ عنصر تصميمي يؤدّي إلى زيادة درجة الحرارة ولو درجة واحدة، أو تقليل حركة الهواء ولو سنتيمتراً واحداً في الثانية لأن لهذا كله أثراً سلبياً على الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري (thermal comfort) وخاصة إذا كان من الممكن تفادي ذلك. وهذا يشمل بوضوح التصاميم المعينة التي تتطلب أساليب ميكانيكية مكثفة الطاقة لتصويب الأوضاع المحيطية السيئة التي تنتج عنها.

مواد البناء Building Materials

إن المواد المحيطة بساكني البناء هامة جداً لتوفير الوقاية من الحرّ والبرد، ويجب بذل عناية كبيرة في اختيار مواد الجدران والسقوف وسمكها بحيث يتناسب ذلك مع خواصها الفيزيائية بالنسبة للتوصيل الحراري (thermal conductivity)، والمقاومة الحرارية (thermal resistivity)، والإنفاذ الحراري (thermal transmission)، وعاكسية الضوء (optical reflectivity).

تتدفق الحرارة من الخارج إلى الداخل عبر الجدار إذا كانت درجة الحرارة في الخارج أعلى منها في الداخل (انظر الشكل (١)). ويتناسب معدل تدفق الحرارة في الهواء الخارجي والداخلي والمساحة المعرّضة من سطح الجدار والمنافذة الحرارية الشاملة (global heat transmittance) التي يمكن حسابها بتحليل مكوِّنات المقاومة التي يبديها الجدار لتدفق الحرارة[١] وتتكون المقاومة الكلية من مقاومة المادة نفسها لتدفق الحرارة والمقاومة السطحية (interfacial resistance) للسطح الخارجي والسطح

١ ـ إذا كان سمك الحائط غ، ومساحته السطحيّة ص، وكان معرضاً لهواء خارجي درجة حرارته حـ١، وهواء داخلي درجة حرارته حـ٢، وكانت حـ١ أكبر من حـ٢، فإن معدل تدفق الحرارة ح° عبر الجدار يمكن حسابه باستخدام المعادلة:

ح° = ف بـ° (حـ١ − حـ٢) .... (٩)

حيث ح° مقيسة بوحدات ك سعر/ساعة، وترمز بـ° إلى معدل الإنقاذية الحرارية.

الداخلي[٢]. وبما أن مثل هذه المقاومات تتحدد بشكل أساسي تبعاً للظروف المتعلقة بدرجة الحرارة التي لا يملك الإنسان قدرة كبيرة على التحكّم بها لذلك تنحصر قدرة الإنسان على التحكم بمعدل انتقال الحرارة عبر الجدار في إمكانية اختيار مادة الجدار التي تحقّق العزل الحراري المطلوب[٣]. ولزيادة قدرة الجدار على العزل الحراري يجب خفض معامل الإنفاذ الحراري قدر الإمكان وذلك بزيادة سمك الجدار أو بالتقليل من استعمال المواد الموصلة للحرارة، أي أنها تقاوم انتقال الحرارة خلالها بشدّة. وفي كثير من الأحيان يقتضي بناء الجدران من أكثر من مادة واحدة، كما هو مبيّن في الشكل رقم (٢)، وذلك لتوفير العزل الحراري اللازم والخصائص الجمالية المطلوبة في الحائط[٤]. ويبيّن الملحق رقم (٣) معاملات الإنفاذ الحراري لمواد جدارية متنوعة ومجموعات مؤتلفة منها

---

٢ - إذا رمزنا لهذه المقاومات بالرموز قم، ق١، ق٢ على التوالي وبالترتيب تصبح المقاومة الكليّة:

ق = قم + ق١ + ق٢ .... (١٠)

$$R = R_m + R_1 + R_1$$

٣ - باستخدام المعادلة (٨) الواردة في الهامش (١٠)، والمعادلة (١٠) من الهامش (٢) يصبح معدل المنافذ الحرارية الشاملة:

١/ف = غ/ص + ١/ت١ + ١/ت٢ ... (١١)

$$\frac{1}{4} + \frac{L}{M} + \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_1}$$

حيث قام من المعادلة (٤) الواردة في الهامش (٦)، ت١ مقدار ثابت يتعلق بالسطح الخارجيّ للجدار وبلغت قيمته لدى حسابه بصورة تقريبيّة ١٨ ك سعر/س م٢ °س ٣,٦٩ و. حـ. ب / س قدم٢ ف°)، وبلغت قيمة ت٢ وهو ثابت يتعلق بالسطح الداخلي ٧,٠ ك سعر/ س م٢ °س (١,٤ و. حـ. ب/ س قدم٢ ف°).

٤ - إذا كان الجدار مصنوعاً من عدد من المواد المختلفة ن، ذات سماكات غ١، غ٢، ...، غن، وذات موصليّات حرارية ص١، ص٢، ...، صن فإن معادلة منافذة الحرارة تصبح كالتالي:

=

مقيسة بالوحدات العملية الشائعة الاستعمال: ك سعر/ س م٢ س° (و. حـ. ب/ س قدم٢ ف°). kcal/hm²c⁰ (Btu/hft²f⁰).

(*) (Btu/ hft²f°) kcal/ hm²c°.

= ١/ف = غ١/ث١ + غ٢/ص١ + ... + غن/صن + ١/ت١ + ١/ت٢ .. (١٢)

$$\frac{1}{4} = \frac{L_1}{K_1} + \frac{L_2}{K_2} + \ldots + \frac{L_n}{K_n} + \frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}$$

٥ - يبيّن المثالان التاليان كيفية الاستفادة من هذه المعلومات.

المثال (١) - انظر الشكل (١):

بالنسبة لحائط خارجيّ من الطوب سمكه ٠,١١ م (٤,٣ إنش) وموصليّته الحرارية ٠,٦ ك سعر/ س م °س (٠,١٢ و. حـ. ب / س قدم٢ف°) تكون قيمة:

١/ف = ٠,١١ م / ٠,٦ ك سعر/ س م °س + ١ / ٧ ك سعر/س م٢ °س

+ ١ / ١٨ ك سعر/س م٢ °س = ٠,٣٨٢ س م٢ °س / ك سعر

$$\frac{1}{U} = \frac{0.11\ m}{0.6\ Kcal/h\ m\ C^{\circ}} + \frac{1}{7\ Kcal/h\ m^2\ C^{\circ}}$$

$$+ \frac{1}{18\ Kcal/h\ m^2\ C^{\circ}} = 0.382\ \frac{h\ m^2\ C^{\circ}}{Kcal}$$

ونتيجة لذلك تصبح قيمة:

ف = ٢,٦٢ ك سعر/س م٢ °س

= ٠,٥٣٧ و. حـ. ب/ س قدم٢ ف°

$$U = 2.62\ Kcal/h\ m^2\ C^{\circ}$$

$$= 0.537\ Btu/hft^2\ F^{\circ}$$

المثال (٢) - انظر الشكل (٢):

إذا أُضيفت لنفس الحائط المصنوع من الطوب طبقة داخلية وأخرى خارجية من بياض باريس Paris موصليّتها الحرارية ٠,٦ ك سعر/ س م° س (٠,١٢ و. حـ. ب /س قدم٢ ف°) وسمك كلٍّ منها ٢ س م (٠,٨ إنش) تصبح قيمة: =

جـدول رقـم (٩): جدران من مواد مختلفة مبيّناً السماكات اللازمة لجعل معامل الإنفاذيّة الحـرارية لكـل منها يسـاوي تقريبـاً ١,١ ك سـعـر/ ع م^{٢} س° (٠,٢٢٥ و. حـ. ب / ع قدم^{٢} ف°)

مـادة الجـدار	سُمك الجدار (بالمتر)	سُمك الجدار (بالإنش)	المنافـذة الحراريّـة (ك سعر/ ع م^{٢} °س)	المنافـذة الحراريّـة (و. حـ. ب/ ع قدم^{٢} ف°)
طـوب	٠,٣٠	١٢	١,١٠	٠,٢٢٥
جدار مزدوج من الطوب مع فتحات للتهوية وفراخ داخلي ٨س م 8-cm cavit	٠,١٢*٢	٤,٧*٢	١,١٢	٠,٢٢٩
جدار من الطوب مع فتحات	٠,٣٨	١٥	١,٠٣	٠,٢١١
طوب الرمل الجيريّ	٠,٥١	٢٠	١,٢٥	٠,٢٥٦
طوب مفرغ من الرمل الجيريّ	٠,٥١	٢٠	١,١٦	٠,٢٣٨
كلس Lime	٠,٥١	٢٠	-١,١٠	-٠,٢٢٥
			١,٣٥	٠,٢٧٧
خرسانة	١,٠٠	٣٩	١,٢٠	٠,٢٤٦

$$= \quad \frac{١}{\text{ف}} = \frac{\text{٠,١١ م}}{\text{٠,٦ ك سعر/س م °س}} + \frac{\text{٠,٠٤ م}}{\text{٠,٦ ك سعر/س م °س}}$$

$$+ \frac{١}{\text{٧ ك سعر/س م}^{٢}\text{ °س}} + \frac{١}{\text{١٨ك سعر/س م}^{٢}\text{ °س}} = \text{٠,٤٤٨} \; \frac{\text{س م}^{٢}\text{ °س}}{\text{ك سعر}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{0.11}{0.6\ \text{Kcal/h m C}^\circ} + \frac{0.04\ \text{m}}{0.6\ \text{Kcal/h m C}^\circ}$$

$$+ \frac{1}{7\ \text{Kcal/h m}^2\ \text{C}^\circ} + \frac{1}{18\ \text{Kcal/h m}^2\ \text{C}^\circ} = 0.448\ \frac{\text{h m}^2\ \text{C}^\circ}{\text{Kcal}}$$

ونتيجة لذلك تصبح قيمة:

ف = ٢,٣٢ ك سعر/س م^{٢} °س.

= ٠,٤٥٧ و. حـ. ب / س قدم^{٢} ف°.

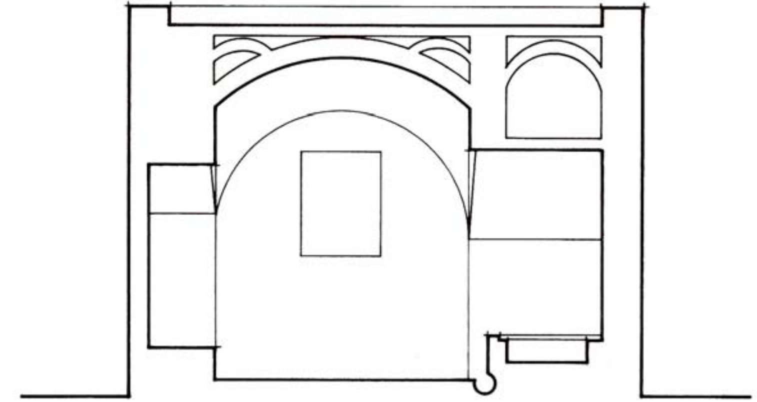
وفي المناخات الحارة الجافة يجب ألّا يقلّ معامل الإنفاذ الحراري لجدار خارجي عن ١,١ كـ سعر / س م^{٢} س° (٠,٢٢٥ و.ح.ب / س قـدم^{٢} ف°) تقريبـاً، للحصول على مقـاومة حـراريـة منـاسبـة. ويبيّن الجدول (٩) السماكات اللازمة للجدران المصنوعة من أكثر من مادة واحدة لجعـل مقـاديـر معـامـلات الإنفـاذ الحـراري تسـاوي تقـريبـاً ١,١ كـ سعر /س م^{٢} س° (٠,٢٢٥ و.ح.ب / س قدم^{٢} ف°).

ولا تحتوي هذه الجداول أية بيانات عن جدران الطوب الطيني (mud brick walls)، لكن التجارب أثبتت أن الطوب الطيني ملائم جداً للاستعمال في الأبنية لتوفير شروط الراحة المتعلقة بالمحيط الحـراري (thermal comfort) من حيث توفره لجميع شرائـح المجتمع بـأسعار معقولة.

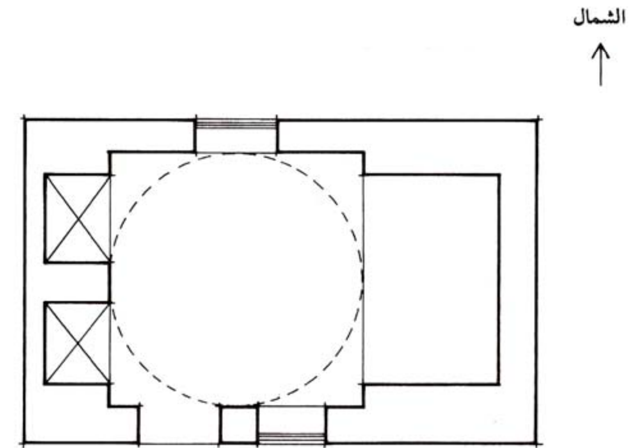
في عام ١٩٦٤ تم بناء ستة مبانٍ تجريبية صغيرة في مركز القاهرة لأبحاث البناء كلٌ من مادة مختلفة لتقييم كلفة هذه المواد ومدى توافرها محلياً بالإضافة إلى معرفة مدى ما يمكن أن توفره من شروط الراحة المقرونة بالمحيط الحراري. يبرز من بين هذه الأنماط الستة اثنان يختلفان اختلافاً كبيراً، أحدهما بني بأكمله من الطوب الطيني وسمك جدرانه ٥٠ س م (٢٠ بوصة) وشكل سقفه خليط بين القبّة والقبو. أما الثاني فبنيت جدرانه وسقفه من ألواح خرسانية جاهزة سمكها ١٠ س م (٤ بوصة) وفي الشكلين (٥،٦) المسطحات الأفقية ومقاطع لكلا المبنيين، على التوالي وبالترتيب.

وقد اختبرت هذه النماذج في يوم من أيام شهر مارس تراوحت فيه درجة الحرارة بين ١٢ س° (٥٣,٦ ف°) في السادسة صباحاً، و٢٨ س° (٨٢,٤ ف°) في الثانية من بعد الظهر، و١٢ س° (٥٣,٦ ف°) مرة أخرى في الرابعة صباحاً[٦]. وكما هو مبيّن في الشكل (٧) فإن التغير في درجة

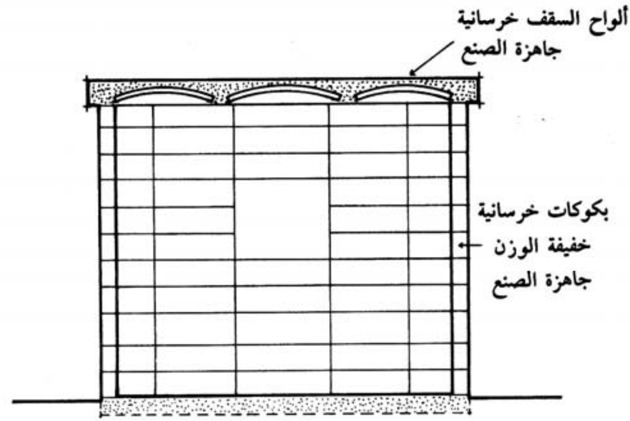
٦ - عمر الفاروق، جون نورتون، وندي اتشلز، جوسلين ليفو، ألن كين، فاروق أفشار، **دراسة مناخيّة للمساكن التقليدية**. دراسات العالم الثالث، لندن: مدرسة العمارة التابعة للجمعية المعمارية، ١٩٧٤. (أخِذَت القياسات من ٢٥ مارس إلى ١٠ مايو، ١٩٧٣).

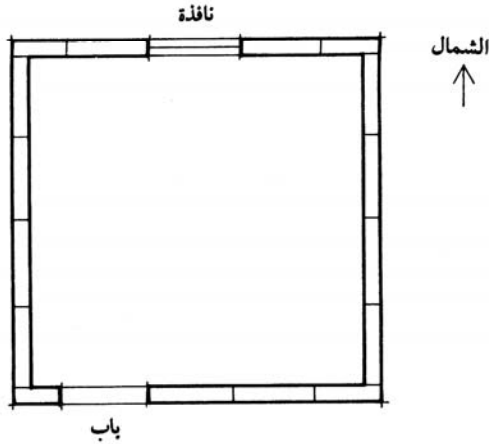


الشمال

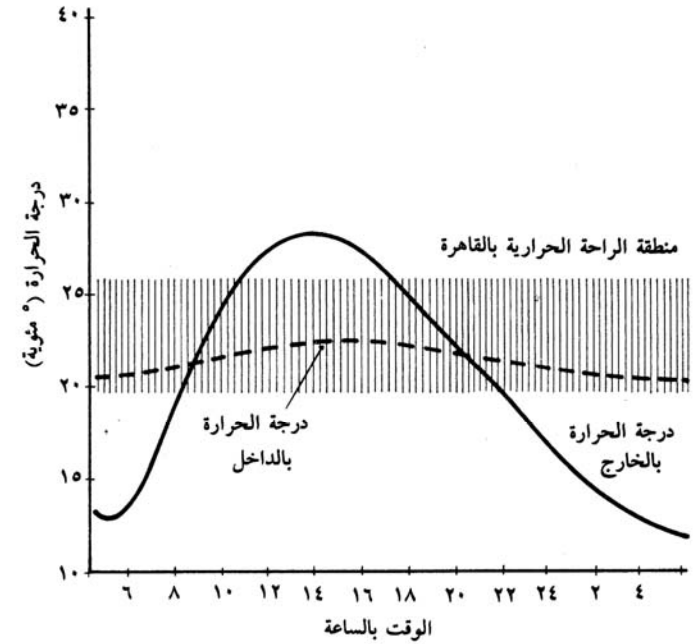


الشكل (٥) : مسقط أفقي ومقطع في النموذج الاختباري ذي القبة والقبو المصنوع من الطوب الطيني المجفف بالشمس، الذي استخدم لرصد التقلبات اليومية في درجة الحرارة. (انظر ص ٨٥).

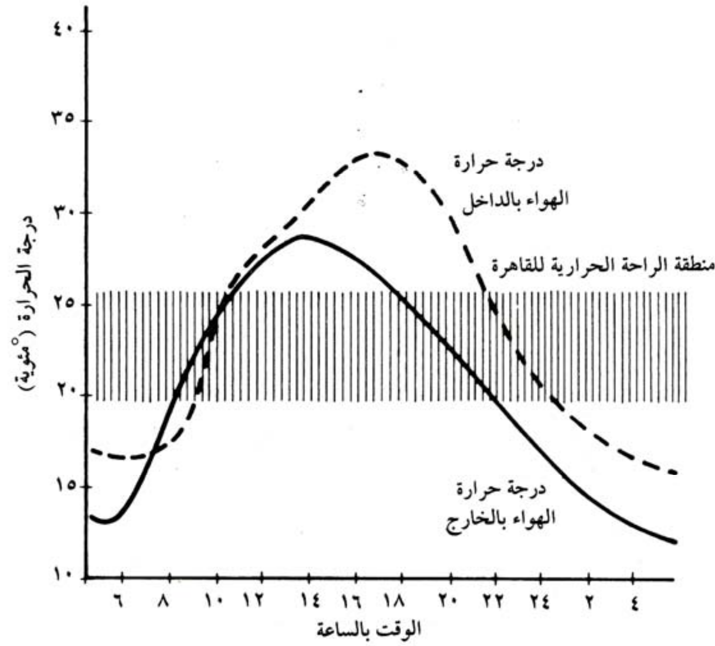




الشكل (٦) : مسقط أفقي ومقطع في النموذج الاختباري المصنوع من الخرسانة الجاهزة الصنع الذي استخدم لرصد التقلبات اليومية في درجة الحرارة. (انظر ص ٨٥).



الشكل (٧) : مقارنة بين تقلبات درجة حرارة الهواء الداخلية والخارجية على مدى أربع وعشرين ساعة في النموذج الاختباري ذي القبة والقبو المصنوع من الطوب الطيني. (انظر ص ٨٥).



الشكل (٨) : مقارنة بين تقلبات درجة حرارة الهواء الداخلية والخارجية على مدى أربع وعشرين ساعة في النموذج الاختباري المصنوع من الخرسانة الجاهزة الصنع. (انظر ص ٨٦).

حرارة الهواء داخل نموذج الطوب الطيني لم تتجاوز ٢ س° (٢٦ ف°) خلال فترة الأربع والعشرين ساعة، وذلك من ٢١ - ٢٣ س° (٦٩,٨ - ٧٣,٤ ف°) وهي درجة الحرارة التي لا تخرج عن حدود راحة الإنسان المقرونة بمحيطه. وبلغت درجة الحرارة القصوى داخل النموذج الجاهز ٣٦ س° (٩٧ ف°) أي أعلى من درجة الحرارة داخل نموذج الطوب الطيني بـ ١٣ س° (٢٣ ف°)، وبفرق ٩ س° (١٦ ف°) عن درجة حرارة الهواء في الخارج. وكما هو مدوَّن في الشكل (٨) فقد خرجت عن حدود الراحة طيلة تلك الفترة باستثناء ساعة واحدة فقط، بين الساعة التاسعة والعاشرة صباحاً. ويمكن تعليل هذا التباين بحقيقة أن الموصلية الحرارية للخرسانة هي ٠,٩ بينما هي في الطوب الطيني ٠,٣٤، كما أن سمك جدار الطوب الطيني يبلغ خمسة أضعاف الألواح الجاهزة الصنع. وهكذا تكون المقاومة الحرارية لجدار الطوب الطيني أكبر بثلاث عشرة مرة منها للحائط الخرساني الجاهز الصنع. ولسوء الحظ، فإن هذه النماذج لم تقوَّم في المواعيد الهامة من السنة: وهي الاعتدال الربيعي والخريفي (equinoxes)، وانقلاب الشمس الصيفي والشتائي (summer and winter solstics) مما كان قد وفَّر لنا معلومات كاملة، خاصة فيما يتعلق بالتباطؤ التدريجي (lag effect) وحفظ الحرارة (heat storage).

الفصل الرابع

عامل الشمس

The Sun Factor

التوجيه Orientation:

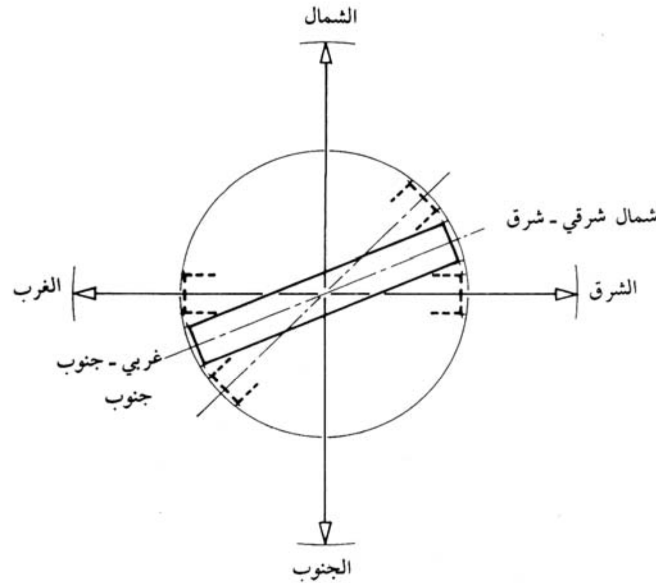
إن مصدر الحرارة الرئيسي في المناخات الحارّة هو الشمس. ولتخطيط أيّ موقع يجب تحديد موضع الشمس لكل ساعة من ساعات النهار وفي كل الفصول، وكذلك اتجاه الرياح السائدة، خصوصاً في فصل الحر. وفيما يتعلق بأشعة الشمس المباشرة يكفي معرفة كلٍّ من زوايا المَيَلان (angles of declination) والارتفاع الأفقي (altitude) للتقلب الصيفي والشتائي (٢١ يونيو، ٢١ ديسمبر على التوالي) والاعتدال الخريفي والربيعي (٢١ سبتمبر، ٢١ مارس على التوالي) التي يمكن بواسطتها استنتاج موضع الشمس في أيّ يومٍ من الأيام الواقعة بينهما. وتجدر الإشارة إلى أن هذه المقادير المقيسة في تلك الأوقات البارزة من السنة لا تمثّل المعدّل لكل أيام السنة، بل هي الحالات التي يجب على المعماري ملاحظتها ودراستها عند قيامه بعملية التصميم لأنها الأكثر تطرفاً. يبيّن الجدول رقم (٤) المعلومات بالنسبة لمدينة القاهرة الواقعة على خط عرض ٣٠ شمالاً، كما يمكن الحصول على تلك البيانات لأية مدينة من مكتب الأرصاد الجوية المحلّي فيها. بالإضافة إلى ذلك تتعرض كل مجموعة من المباني المتجاورة للإشعاع الشمسي المنعكس عن المباني المجاورة كما تحجب مجموعات أخرى مجاورة عنها الرياح، مما يساهم في تكوين مناخ موضعي خاص بكل موضع في تلك المنطقة. ويجب الاهتمام أيضاً بدراسة حركة الهواء ودرجة الرطوبة إلى جانب التأثيرات المباشرة وغير المباشرة لأشعة الشمس.

إن الهدف الرئيسي من الدراسة هو إيجاد التوجيه الأمثل فيما يتعلق بالشمس والرياح السائدة. وتفرض الصعوبة التي تتّسم بها هذه المسألة البدء بدراسة الحالة البسيطة المتعلقة بصف واحد من الأبنية التي يمكن على أساسها فهم الحالات الأكثر تعقيداً.

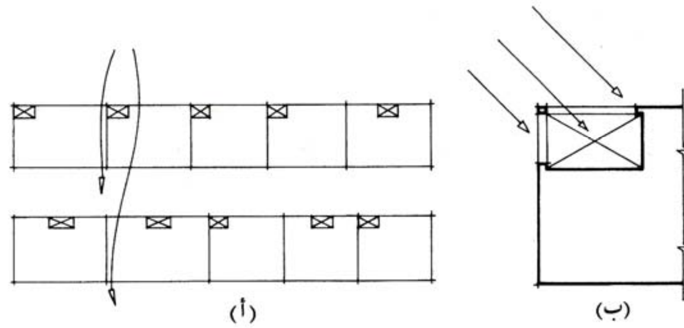
يبيّن الملحق رقم (٤) أن التوجيه الأمثل لهذا الصف من الأبنية فيما يتعلق بعامل الشمس هو شرق ـ غرب. ففي هذه الحالة تكون الواجهة الشمالية معرّضة لأشعة الشمس في يوم الانقلاب الصيفي منذ الشروق، الساعة ٥,٠٠ صباحاً وحتى الساعة ٩,٠٠ صباحاً تقريباً. وتكون زاوية ارتفاع الأشعة عن الأُفق عند الساعة ٥,٠٠ صباحاً صفراً، وتصبح عند الساعة ٩,٠٠ صباحاً ٣٠′,٤٩°، أما زاوية الانحراف فتصبح ١٣′,٨٨° وتصطدم الأشعة بالواجهة بزاوية مقدارهـا ٠٣′,١° فقط. وفيما يتعلق بالواجهة الجنوبية يكون الارتفاع عن الأُفق عند الظهر ٣٦′,٨٣°، ويساوي ٢٤′,٦° عن العمودي. ولا يخترق الإشعاع الشمسي فتحات الواجهة الجنوبية، ويمكن تظليل سطح الجدار الخارجي والفتحات بوضع مظلة قليلة الارتفاع في المكان المناسب. وتشكّل الواجهتان الشرقية والغربية، جدران النهاية لصفّ الأبنية ولا تزوّد بأية فتحات. أما في فصل الشتاء فتكون زاوية الارتفاع عن الأُفق عند الظهر ٣٤′,٣٦°، مما يسمح لأشعة الشمس بالنفاذ إلى الداخل لتوفير الدّفء.

تُظهر سجلات الأرصاد الجوية أن الهواء المعتدل البـرودة، في القاهرة، يهب من جهة الشمال الغربي. لهذا يتحقق التوجيه الأمثل فيما يتعلق بالريح بوضع الجانب الطويل لصفّ الأبنية مطابقاً لمحور الشمال الشرقي ـ والجنوب الغربي، فتكون الريح متعامدة قدر الإمكان مع الواجهة الطويلة.

ويظهر من النظرة الأولى أن الحل الواضح للمتطلبات المتعلقة بهذين العاملين هو توجيه صفّ الأبنية باتجاه الشمال الشرقي ـ الجنوب الغربي



الشكل (٩) : التوجيه الأمثل لصف من المساكن فيما يتعلق بالشمس والرياح. (انظر ص ٨٨).



الشكل (١٠) : مسطح أفقي لصفين من المساكن مبيناً وضع ملقف الهواء في كل منها بحيث يقتنص الريح إلى داخل المسكن (أ)، وتفصيلة الملقف (ب). (انظر ص ٨٩).

بحيث يقطع (bisect) الزاوية بين التوجيهين الأمثلين، كما هو مبيّن في الشكل (٩).

يكون هذا التوجيه مثالياً في حال الاعتماد على النوافذ كمداخل ومخارج للهواء لضمان حركته في الداخل، بيد أن قيام الناس في الأقاليم الحارّة الجافّة والدافئة الرطبة بابتكار ملقف الريح (wind catch) الذي يمكن بواسطته سحب الهواء المارّ عالياً فوق المبنى ودفعه بالقوة إلى الداخل، كما هو مفسّر في الفصل القادم أدّى إلى حلّ معضلة ضمان حركة الريح في داخل المبنى، فأصبح من الممكن توجيه صفّ المباني باتجاه الشرق ـ الغرب، وهو الاتجاه الأمثل فيما يتعلق بالشمس، كما هو موضّح في الشكل (١٠). يوفر هذا الابتكار مرونة في التصميم فيما يتعلق بعامل الريح وذلك بإتاحة الفرصة للمصمِّم للتركيز على توجيه أبنيته بالنسبة لعامل الشمس فقط.

التظليل Shading

رغم أن التوجيه الأمثل للمباني المنفردة وصفوف المساكن المتصلة جانبياً (Row houses) يتحقّق بوضع جانبها الطويل باتجاه شرقي ـ غربي إلا أن ذلك يصعب تطبيقه على المخطط الكامل لمدينة، أو قطاع منها، بهذه السهولة دائماً، ولعدّة أسباب. إذ يجب أن تنتظم الأبنية المنفردة أو المساكن المتصلة جانبياً مع اتجاه الشوارع والمساحات التي تتفاوت زوايا انحرافها عن الشمال مما يجعلنا في حاجة إلى وسيلة مناسبة للتظليل تختلف في كل حالة بحسب التوجيه.

ويعدُّ وضع المبنى الذي تطل فتحة واجهته على الغرب، أسوأ وضع، فبالإضافة إلى اكتسابه للحرارة من البيئة المحيطة خلال النهار، تنفذ أشعة الشمس إلى داخله مباشرة بسبب انخفاض زاوية الارتفاع عن الأفق. أما في حالة قطاع من الأبنية تتجه واجهاتها للغرب أو للشرق فتظلّل مجموعات الأبنية بعضها بعضاً. ولضمان ذلك يجب تصميم الأبنية بحيث

يتناسب ارتفاعها مع عرض الشارع وزاوية ارتفاع الشمس عن الأُفق. ويمكن حساب هذه المقادير من بيانات كتلك الموجودة في الملحق رقم (٤) الخاصة بموقع جغرافي معين. فبهذه الطريقة يمكن تحديد المساحات التي سوف تكون معرّضة للشمس من الواجهات أو الشارع وبيان مدة التعرّض (duration of exposure) للشمس.

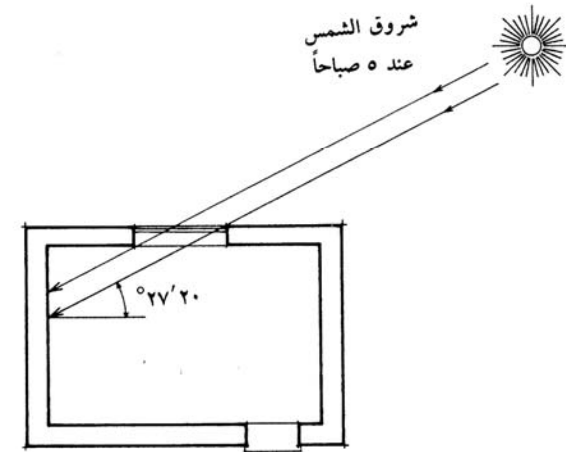
الواجهات Facades

الواجهة الشمالية Northern Facade:

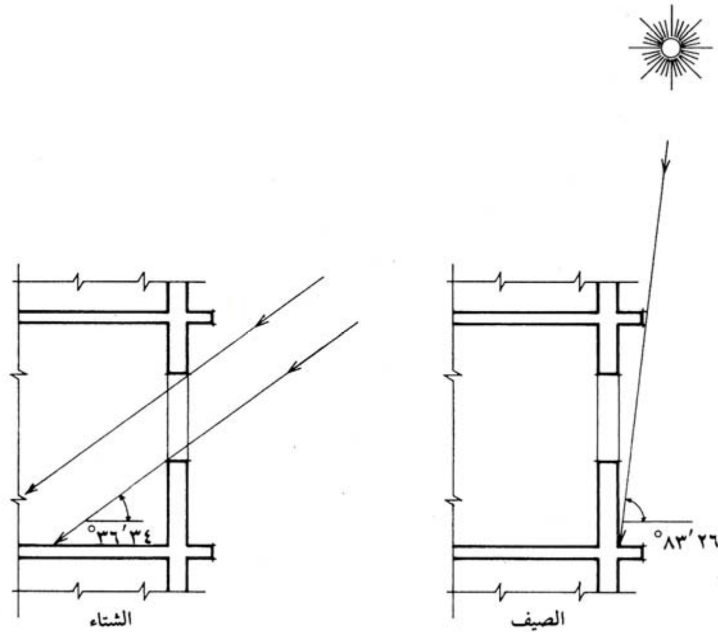
هذه الواجهة هي الأقل تعرضاً للشمس. وبالفعل فإنها لا تتعرض للشمس إلا في ساعات النهار المبكرة والمتأخرة من أيام الصيف التي تكون فيها زاوية الارتفاع عن الأُفق منخفضة، وتكون زاوية الانحراف (angle of declination) قد بلغت درجة تكاد أن تصبح عندها أشعة الشمس مماسّة (tangent) لصفحة الجدار، كما هو موضّح في الشكل (١١). ومن مزايا الحجرات التي تقع فسحاتها في هذه الواجهة أن التنوير ينتشر فيها بشكل متساوٍ، مما يجعلها مثالية لحجرات إجراء العمليات في المستشفيات وحجرات الصفوف المدرسية.

الواجهة الجنوبية Southern Facade:

من مزايا التعرّض الجنوبي فيما يتعلق بعامل الشمس في المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية، أن الشمس تكون عالية جداً فوق الأُفق في فصل الصيف ويمكن بالتالي تظليل الواجهات بسهولة باستخدام مظلات بارزة منخفضة. أما في فصل الشتاء، فتنفذ أشعة الشمس إلى الداخل مباشرة لأن زاوية الارتفاع عن الأُفق تكون صغيرة، فتجلب معها الدفء إلى الداخل. ويوضّح الشكل رقم (١٢) حالة من الحالات الخاصة الشبيهة. أما فيما يتعلق بعامل الريح فمن مساوىء التعرّض الجنوبي عدم هبوب الرياح عليه لأن اتجاه هبوب الريح في نصف الكرة الأرضية الشمالي يكون شمالياً.



الشكل (١١) : مسقط أفقي لحجرة بالقاهرة موجهة إلى الشمال، عند شروق الشمس في يوم الانقلاب الصيفي، وزاوية انحراف أشعة الشمس عن الشمال هي ٢٠′ ٢٧°. (انظر ص ٩٠).



الشكل (١٢) : زاوية الارتفاع فوق الأفق عند الظهر لواجهة جنوبية بالقاهرة. (انظر ص ٩٠).

ورغم عدم قدرتنا على التحكّم بأشعة الشمس وتوجيهها حسب رغبتنا فإن هناك طرقاً لتوجيه تدفّق الهواء (air flow) إلى الحجرات المواجهة للجنوب، سواء عن طريق التصميم المعماري أو بمبتكرات مثل الملقف أو مهرّب الرّياح (wind escape) أو المشربية الداخلية (indoor mashrabiya) التي تُشاهَد في بعض المساكن التقليدية في جدّة بالعربية السعودية.

الواجهتان الشرقية والغربية Eastern and Western facades :

تتعرض الواجهة الشرقية لأشعة الشمس منذ شروق الشمس وحتى الظهر فقط، وتفقد الجدران الكثير من حرارتها بحلول المساء مما يجعلها أكثر ملاءمة لحجرات النوم من الغربية.

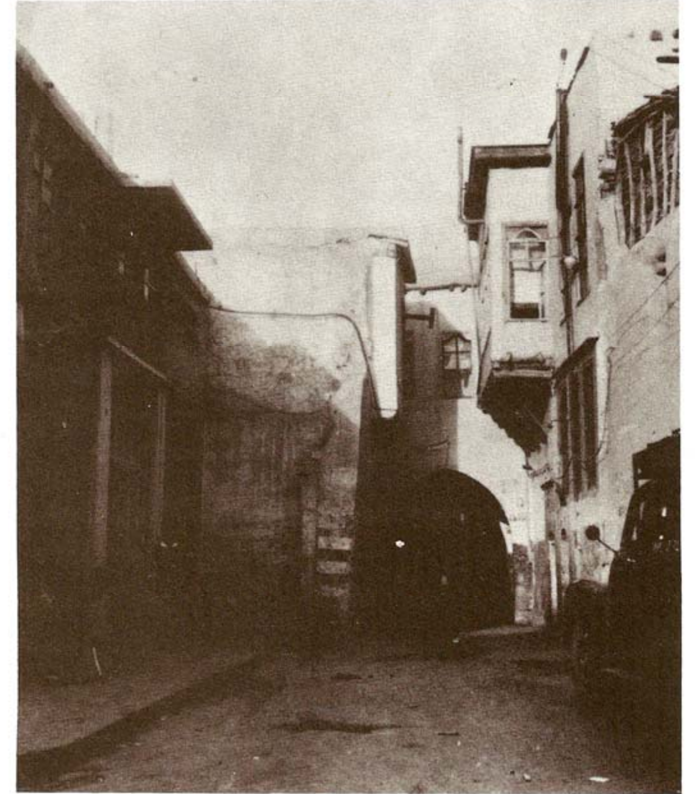
ويمكن تظليل المباني بتغطية الشوارع كما كان الحال في المدن القديمة وقرى الواحات (oasis villages) في غربي آسيا وشمالي أفريقيا. وتوضّح الأشكال رقم (١٣ ـ ١٥) أمثلة منها. كما يمكن تظليل واجهات الواحة بعناصر معمارية كالشُرُفات (balconies) والمظلات (loggias) أو الممرات المفتوحة الجوانب (open galleries) أو الشُرُفات المسقوفة (veradas). أما فيما يتعلق بتظليل الفتحات فيمكن استعمال أجهزة خاصة مثل الستائر المضلّعة (The venetian blind) وكاسرات الشمس (brise soleil) والمشربية (mashrabiya). ففي العراق مثلاً تبرّد الجدران وتهوّى بإحاطة الحجرات بممرّ خارجي مقنطر يستند إلى أعمدة (with arcades and colonnades) كما هو مبيّن في الشكل رقم (١٦).

الفتحات Openings

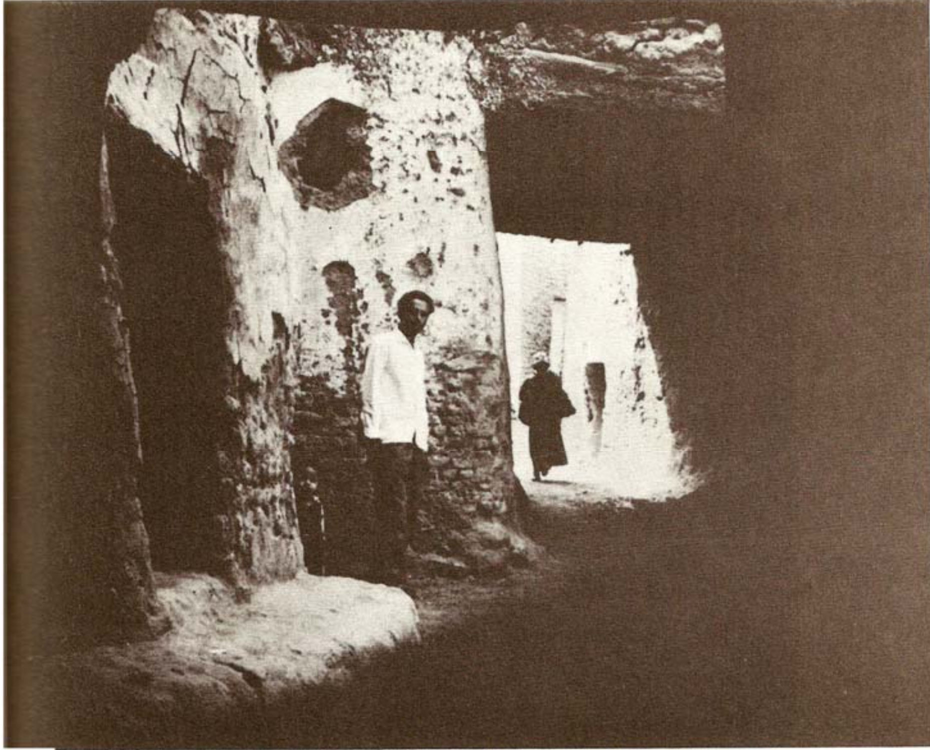
تؤدي النوافذ عادة وظائف ثلاثاً: إدخال نور الشمس المباشر وغير المباشر، وإدخال الهواء، وتوفير المنظر (view). وتقوم النوافذ، بشكل عام في الأقاليم المعتدلة (the temperature zones) بهذه الوظائف الثلاث بشكل ملائم، حيث يعتمد حجم النافذة وشكلها وموضعها على الأحوال المناخية المحلية السائدة. أما في المناخ الحار الجاف، فيندر أن تجتمع



الشكل (١٣) : شارع مسقوف بالقاهرة. (انظر ص ٩١).



الشكل (١٤) : شارع مسقوف بدمشق. (انظر ص ٩١).



الشكل (١٥) : شارع مسقوف في الواحات الخارجة في الصحراء الغربية بمصر.
(انظر ص ٩١).

هذه الوظائف الثلاث في عمل معماريّ واحد، كما أن ذلك غير مرغوب فيه. لهذا طوّرت عدة حلول للقيام بكل وظيفة على انفراد.

الستائر المعدنية الحاجبة

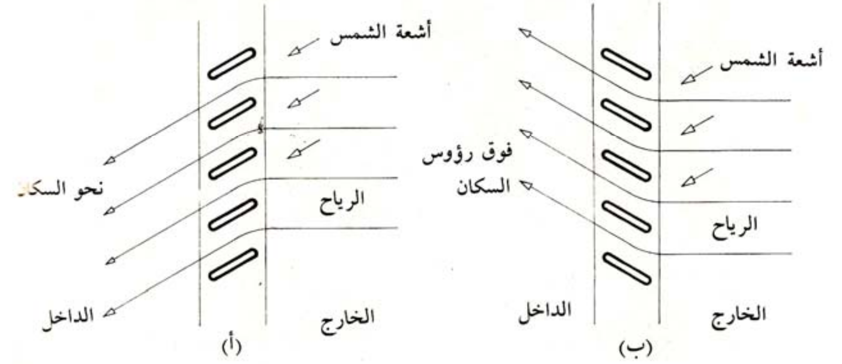
The Venetian Blind

من الأجهزة التي يمكن إضافتها مباشرة للنافذة، الستائر المضلّعة الحاجبة. تصنع الستارة من أضلاع (slats) صغيرة عرضها ٤ ـ ٥ سم (١,٦ ـ ٢ بوصة) يُثبت بعضها بجوار بعض داخل إطار خشبي بزاوية معينة بحيث تعترض أشعة الشمس. وتكون الأضلاع، عادة، قابلة للتحريك بحيث يمكن تغيير الزّاوية. وتفيد ميزة التحريك هذه في تنظيم الإشعاع الشمسي وتدفّق الهواء إلى داخل الحجرات. ويمكن باستعمال الستارة المضلّعة الحاجبة حجب أشعة الشمس دون إعاقة النسيم (breeze) الذي يهبّ عادة من الشمال الغربي في معظم المناطق الحارّة الجافة، كالعراق ومصر وشمالي أفريقيا. وعند شدّ الأضلاع بعضها إلى بعض وضمّها فإنها تحجب الرؤية إلى الخارج كلياً وتضعف كمية الضوء القادم من الخارج إلى الدّاخل.

وليست الستارة المضلّعة الحاجبة دوماً الحلّ الأفضل لمشكلة تنظيم الإشعاع وتدفق الهواء. ففي فصل الصيف يمكن تعديل الستارة الحاجبة لتوجيه مسار الهواء إلى أسفل باتجاه الجالسين، بيد أن هذا يسمح للشمس بأن تدخل الحجرة، كما هو مبيّن في الشكل رقم (١٧ ـ أ). وبالمقابل، فإن وضع الستارة الحاجبة وفق ترتيب معين لكي تحجب نور الشمس المباشر يؤدي إلى توجيه مسار الهواء بلا فائدة فوق رؤوس الجالسين، كما يوضّح ذلك الشكل رقم (١٧ ـ ب). وكذلك، إذا كانت الأضلاع مصنوعة من المعدن فإنها تمتصّ بعض الإشعاع الساقط، ثم تعيد إشعاعه إلى داخل الحجرة بشكل حرارة.



الشكل (١٦) : ممر خارجي محمي بالعراق. (انظر ص ٩١).



الشكل (١٧) : صعوبة تعديل الستائر المعدنية الأفقية في الصيف: (أ) الوضع الأمثل لاتجاه حركة الهواء غير مرغوب فيه وذلك فيما يتعلق بـالشمس، (ب) الوضع الأمثل لحجب أشعة الشمس غير مرغوب فيه وذلك فيما يتعلق باتجاه الريح. (انظر ص ٩٢).

كاسرات الشمس The Brise - Soleil

إن كاسرة الشمس ابتكار حديث للتظليل يتـطلب شرحـاً خاصـاً ومعقداً، فهي تستخدم عموماً لوقاية واجهات برمّتها من المبـاني ذات الجدران الزجاجية أو الهياكل الحديدية أو الخرسانية. فقد أُدخل مفهوم الجدار الزجاجي في الأصل لتوفير منظر خارجي (outside view) عبر أحد جوانب الحجرة بكامله، بيد أن الزجاج العادي شفّاف بالنسبة للإشعاع فوق البنفسجي (ultraviolet)، وغير شفاف بالنسبة لـلإشعاع تحت الأحمـر (infrared) أو الإشعاع الحراري (heat radiation). لذلك، عند تعرّض حائط زجاجي لأشعة الشمس في حجرة قياسها ٣ × ٣ م (١٠ × ١٠ قدم) مثلاً، يدخل قرابة ٢٠٠٠ كيلوسعر (حوالي ٨٠٠٠ و. ح. ب)(*) في الساعة في معظم ساعات النهار. وعند اصطدام هذه الأشعة بالمادة الصّلبة في الداخل كالجدران والأرضية والأثاث، يتحوّل الإشعاع تحت الأحمر إلى إشعاع فوق بنفسجي فلا ينفذ عبر الزجاج. وبهذه الطريقة يحجز الزجاج الحرارة مولّداً ما يعـرف بـ «تأثيـر البيت الزجـاجي»(*) (green house effect)، مما يجعلنا نحتاج إلى ٢ طن من التبريد في الساعة لمجابهة هذا التأثير، ونصبح بالتالي في حاجة إلى كمية إضافية من الطاقة، بكلفة إضافية، للمحافظة على مناخ موضعي مريح في داخل الحجرة.

وللكاسرة الشمسية المصمَّمة جيداً لاعتراض أشعة الشمس القدرة على خفض كمية الحرارة المكتسبة إلى الثّلث، على الأكثر. بيد أن هذا التخفيض يسبّب إعاقة الرؤية إلى الخارج الذي كان السبب الأساسي في اختيار المصمّم لاستعمال الجدار الزجاجي.

إن كاسرة الشمس في الحقيقة شبيهة بالستائر المضلّعة الحاجبة باستثناء فارق الزيادة في سمك الأضلاع من ٤ إلى ٤٠ سم (١,٦ إلى ١٦

(*) وحدة حرارية بريطانية (B.T.U).

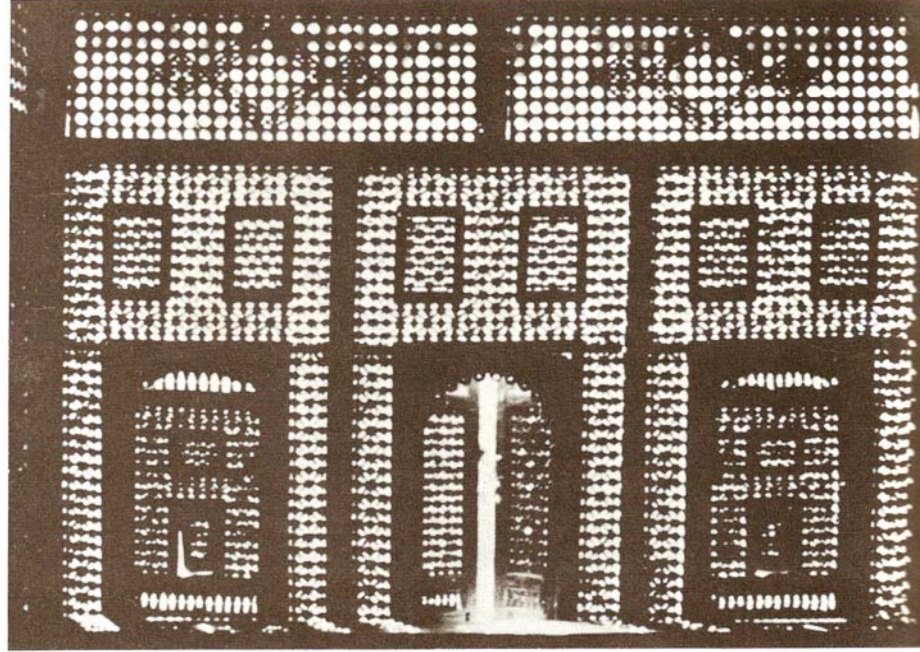
(*) آثرنا ترجمة (green house) بـ « البيت الزجاجي » بدلاً من « البيت الأخضر ».

بوصة) تقريباً والتي تتناسب مع الحجم الكبير للواجهة بالمقارنة بحجم مساحة الشباك، لذلك تكون المسافات الدنيا المطلوبة بين الأضلاع لحجب أشعة الشمس والتي تعتمد على زاوية الارتفاع عن الأفق وزاوية الانحراف عن الشمال، في كاسرات الشمس أكبر منها في الستائر المضلّعة الحاجبة. وتكون النتيجة منظراً مشوباً بخطوط أفقية سوداء عريضة، ذات وهج مزعج. لهذا السبب تؤخذ الصور الفوتوغرافية لكاسرات الشمس التي تظهر في المجلات والكتب المعمارية من الخارج، ولا تؤخذ من الداخل أبداً. ويظهر ذلك في الشكل رقم (١٨). رغم كلّ هذا، ليس علينا نبذ مفهوم كاسرات الشمس إذ يمكن الاستفادة منه في بعض الحالات في العمارة الحديثة، وذلك باتخاذ تدابير خاصة لإعطائها منظراً جمالياً وتخفيف حدّة الوهج الناتج عنها.

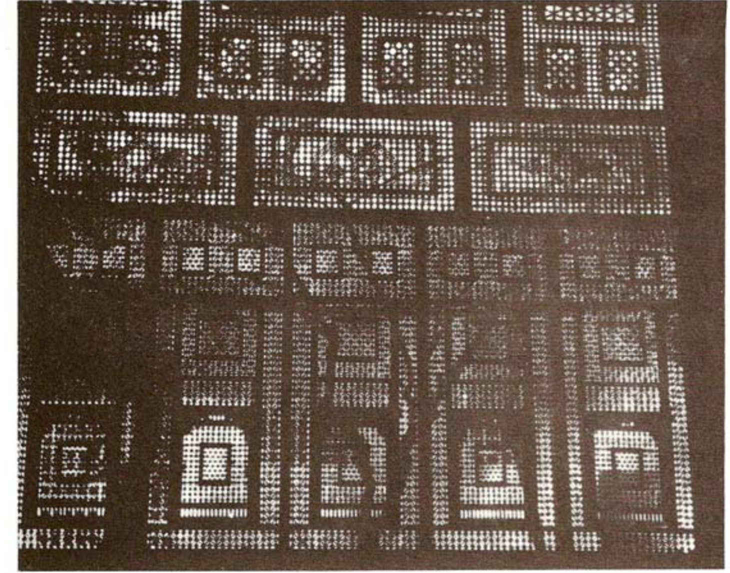
المشربية The Mashrabiya

إن التسمية «مشربية» مشتقة من اللفظة العربية «شرب»، وتعني في الأصل «مكان الشرب». وكانت في الماضي عبارة عن حيّز بارز ذي فتحة منخلية (lattice opening) توضع فيه جرار الماء الصغيرة لتبرّد بفعل التبخّر الناتج عن تحرّك الهواء عبر الفتحة. أما الآن فيطلق الاسم على فتحة ذات شبكة منخلية خشبية (wooden lattice screen) مكوّنة من قضبان خشبية صغيرة ذات مقطع دائري تفصل بينها مسافات محددة ومنتظمة بشكل هندسي زخرفي دقيق وبالغ التعقيد. ويبيّن الشكل رقم (١٩) إحدى هذه المشربيات في بيت السحيمي بالقاهرة.

وللمشربية بشكل عام خمس وظائف. وقد تمّ تطوير نماذج عديدة منها لتحقيق شروط مختلفة تتعلّق بواحدة أو أكثر من هذه الوظائف. وتشكّل هذه الوظائف: (١) ضبط مرور الضوء، (٢) ضبط تدفق الهواء، (٣) خفض درجة حرارة تيار الهواء، (٤) زيادة نسبة رطوبة تيار الهواء، (٥) توفير الخصوصية (privacy). وتحقّق أية مشربية بعضاً من هذه

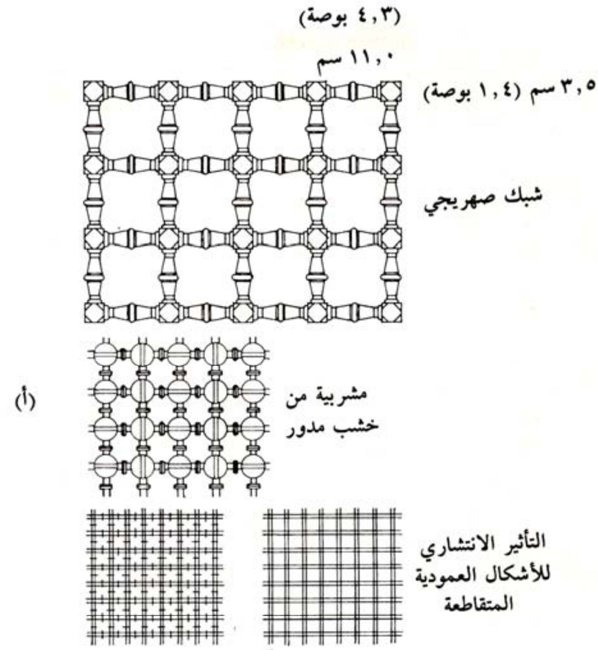


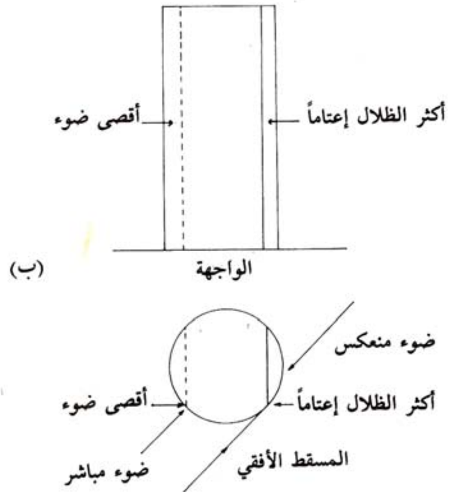
الشكل (١٨) : مشربية تشاهد من الداخل. يمكن فتح المشبك على مستوى نظر الإنسان ويده عند الحاجة. لاحظ التخفيض في الوهج. (انظر ص ٩٥).



الشكل (١٩) : (فوق) مشربية في بيت السحيمي بالقاهرة. (انظر ص ٩٤).

الشكل (٢٠) : (بالصفحة المقابلة) تحليل للضوء الساقط على المشربية: (أ) أمثلة لأنماط شبكة المشربية، (ب) أثر الضوء الساقط على أسطوانة. تدرج الضوء والظل على الأسطوانة يخفف من شدة التباين الناتج عن الضوء والظلمة وذلك عند النظر من الداخل المعتم إلى الخارج المضاء. (انظر ص ٩٥).





الوظائف أو كلّها. ولتصميم المشربية يجب اختيار المسافات بين القضبان المتجاورة وقطر كلٍّ منها، إذ تُعرف هذه النماذج المختلفة للمشربيات بأسماء مختلفة.

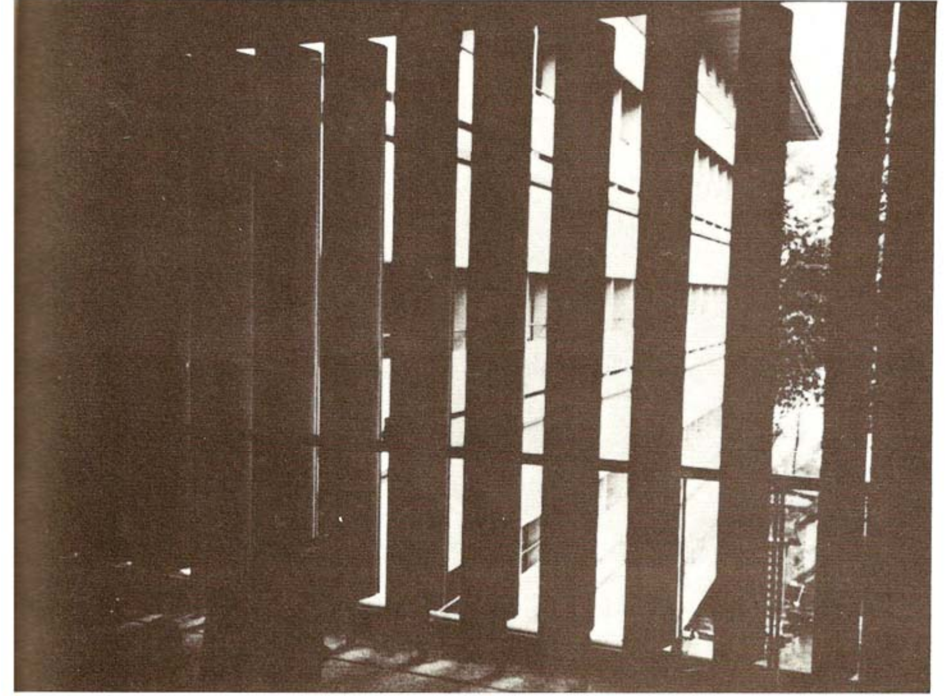
يتكون ضوء النهار الداخل إلى الحجرة من فتحة جنوبية من: (١) ضوء الشمس المباشر المكثّف الذي تكون زاوية سقوطه بالنسبة لمستوى سطح الفتحة كبيرة، (٢) الوهج المنعكس الأقلّ كثافة الذي يدخل بشكل شبه عمودي على مستوى سطح الفتحة، ويفضّل عادة حجب ضوء الشمس المباشر القادم من خلال الفتحة لأنه يسخّن السطوح في داخل الغرفة. أما الوهج المنعكس الأقلّ كثافة فلا يسخّن السطوح داخل الغرفة بشكل فعّال لكنه يسبّب إزعاجاً للبصر.

يختار المصمِّم المسافات الفاصلة وحجم القضبان في المشربية التي تغطي فتحة في واجهة جنوبية بحيث تعترض الإشعاع الشمسيّ المباشر. يتطلب هذا الأمر مشبّكاً ذا مسافات فاصلة صغيرة. ويقلّل تدرّج شدة الضوء عند سقوطه على القضبان الدائرية المقطّع من حدّة التباين بين سواد القضبان غير المنفذة للضوء وسطوع الوهج من بينها، كما هو مبيّن في الشكل رقم (٢٠). لذلك لا يبهر عين الناظر هذا التباين بين السواد والبياض عند استعمال المشربية، بعكس ما يحدث عند استخدام كاسرات الشمس. ويُظهر كِلا الشكلين (٢١ و٢٢) تأثير المشربية في حال وجود ضوء ساطع. وينتج عن الشكل المميّز للمشبك ذي الخطوط المتقطعة بفعل بروزات القضبان، صورة مُظلّلة تنقل العين من قضيب لآخر عبر المسافات الفاصلة، أُفقياً وعمودياً مما يبطل التأثير اللاذع (slashing effect) الذي تسبّبه الأضلاع (slats) المستوية لكاسرات الشمس، كما يعمل على مطابقة الإطلالة الخارجية بانسجام وعلى كامل الفتحة، فوق النّسق الزخرفي (the decorative pattern) للمشربية، بحيث تصبح شبيهة بقطعة من زجاج داكن مُحاك بالخيوط. هذا التأثير موضّح في الشكل (١٩).

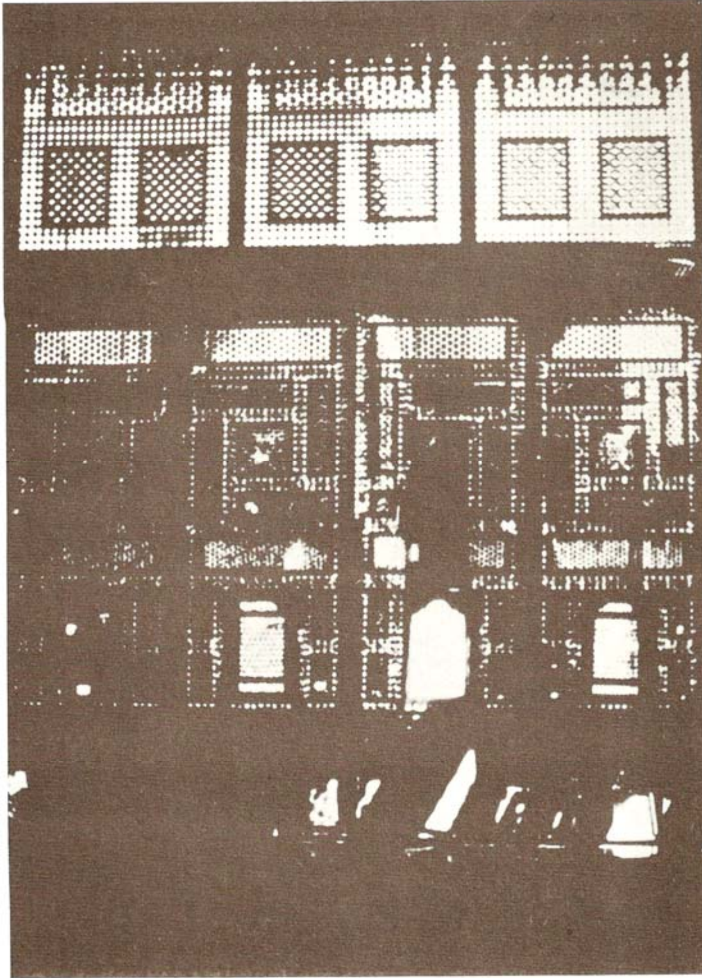
ويفضّل أن تكون قضبان (balusters) المشربية التي تقع في مستوى

نظر الإنسان قريبة بعضها من بعض بحيث تعترض ضوء الشمس المباشر، وتخفّف من انبهار العين بالتباين بين العناصر المختلفة المكوّنة للمشربية. وللتعويض عن تناقض كمية الإضاءة المصاحب لهذا العامل يفضّل أن تكون المسافات الفاصلة بين القضبان في الأجزاء العلوية أكبر بكثير، كما هو مبيّن في المثال المأخوذ من بيت جمال الدين الذهبي في القاهرة، بمصر، والمبيّن في الشكل رقم (٢٣). ويوضّح الشكل رقم (٢٤) النتيجة المدهشة التي يمكن الحصول عليها في حجرة ذات سقف عالٍ. ويسمح هذا الترتيب للضوء المنعكس بإضاءة الجزء العلوي من الحجرة، في حين يمكننا استخدام مظلة صغيرة نضعها فوق الفتحة لمنع ضوء الشمس المباشر من الدخول كما نرى في المنظر الخارجي لمشربية بالدور الثالث في الشكل (٢٥). أما بالنسبة لفتحات الواجهات الشمالية فيفضّل أن تكون المسافات الفاصلة بين القضبان كبيرة لتوفير إضاءة كافية للحجرات، إذ لا يسبّب ضوء الشمس المباشر أيّة مشكلة.

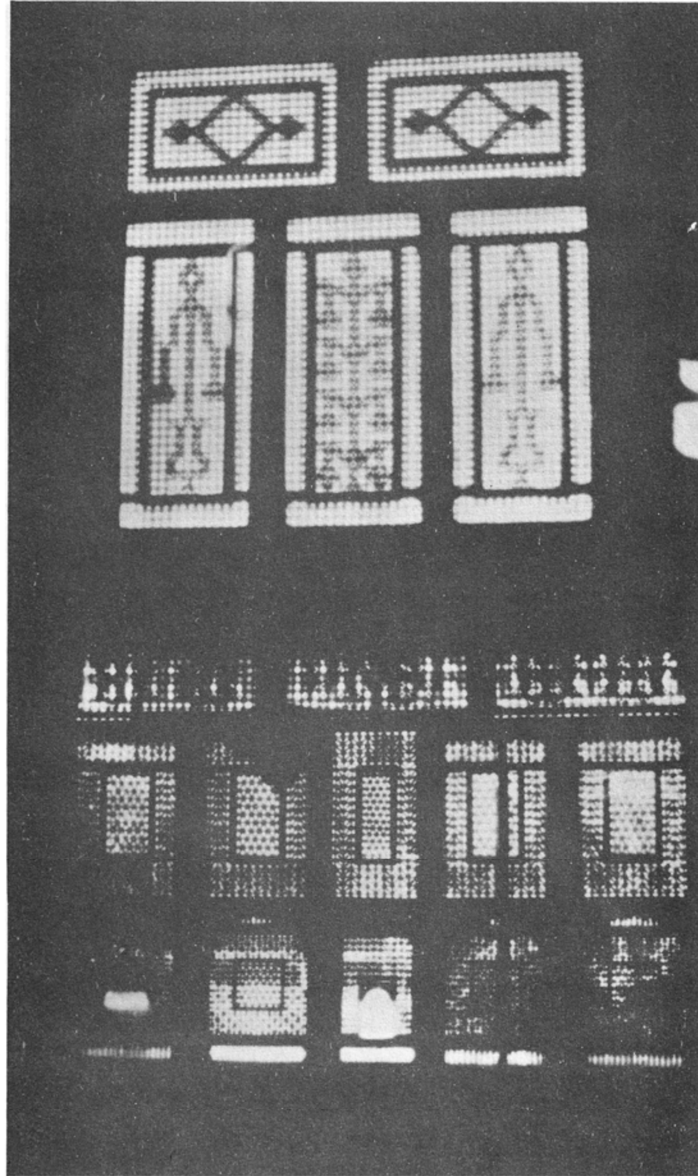
وتوفّر المشربية ذات الفتحات الكبيرة الواضحة، فراغات أكبر في المشبك، كما هو مبيّن في الشكل (٢٦)، مما يساعد في تدفق الهواء إلى داخل الحجرة. أما حين تتطلب الاعتبارات المتعلقة بضوء الشمس أن تكون المسافات الفاصلة صغيرة إلى حدٍّ يجعل تدفق الهواء غير كافٍ، فيمكن عندها استعمال النموذج المفتوح الذي تكون المسافات الفاصلة بين القضبان في الجزء العلوي من المشربية قرب المظلة كبيرة بشكل كافٍ. لهذا السبب تتكون المشربية النموذجية من جزئين: جزء سفلي مكوّن من مشبك ضيق ذي قضبان دقيقة (fine balusters)، وجزء علوي يتكوّن من مشبك عريض ذي قضبان خشبية أسطوانية الشكل من طراز (pattern) يدعى **الصهريجي (Sahrigi)** كما هو مبيّن في الشكلين (٢٣ و٢٥). وإذا تسبّب صغر المسافات الفاصلة بين القضبان اللازمة لتخفيف حدّة السطوع من إعاقة تدفق الهواء بشكل كافٍ، فإنه يمكن التعويض عن هذا الأثر السلبي المتعلق بنقص تدفق الهواء بزيادة حجم المشربية حتى لو اقتضى الأمر تغطية واجهة كاملة من واجهات

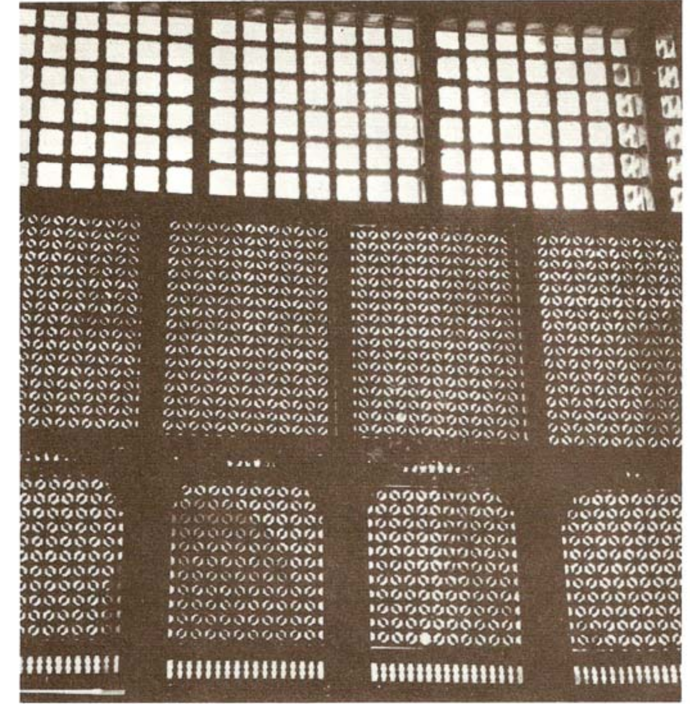


الشكل (٢١) : كاسرات شمس في بوكي Boike بساحل العاج. (انظر ص ٩٤).



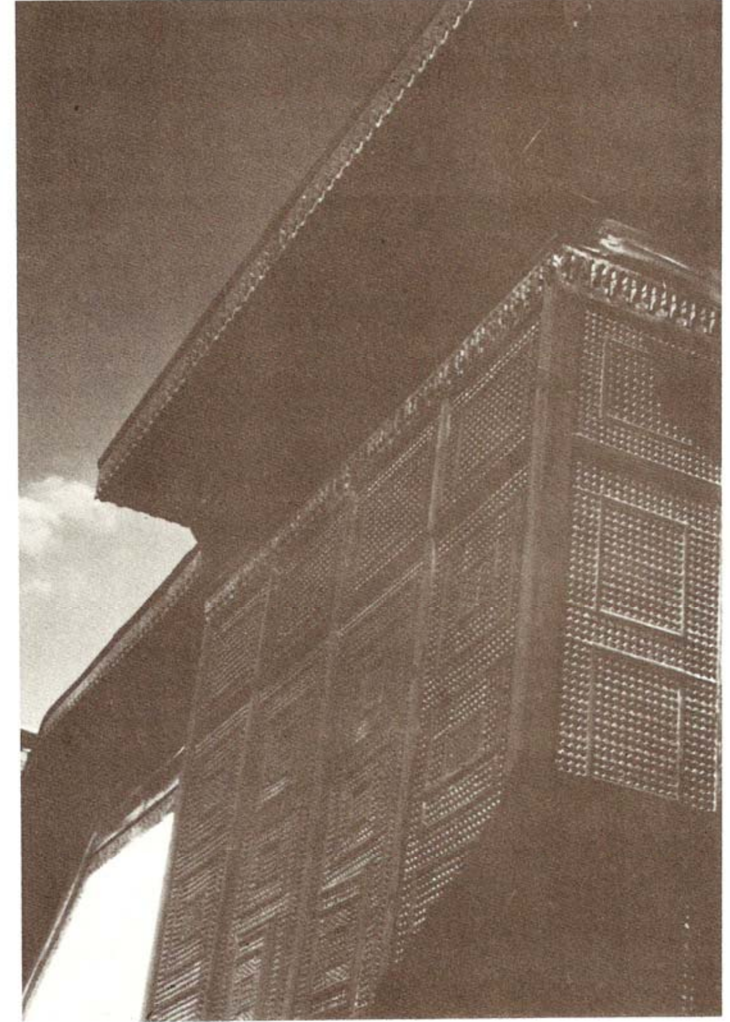
الشكل (٢٢) : منظر لمشربية يبين فاعليتها في خفض الوهج في مستوى النظر. لاحظ كيف تكون المسافات بين القضبان أكبر في الجزء العلوي من المشربية، والتي تسمح للضوء المنعكس بإضاءة الحجرة فوق مستوى النظر للتعويض عن تأثير الإعتام. (انظر ص ٩٥).





الشكل (٢٣) : مشربية بيت جمال الدين الذهبي بالقاهرة، مبيناً الزيادة في المسافات الفاصلة بين القضبان في الجزء العلوي. (انظر ص ٩٥).

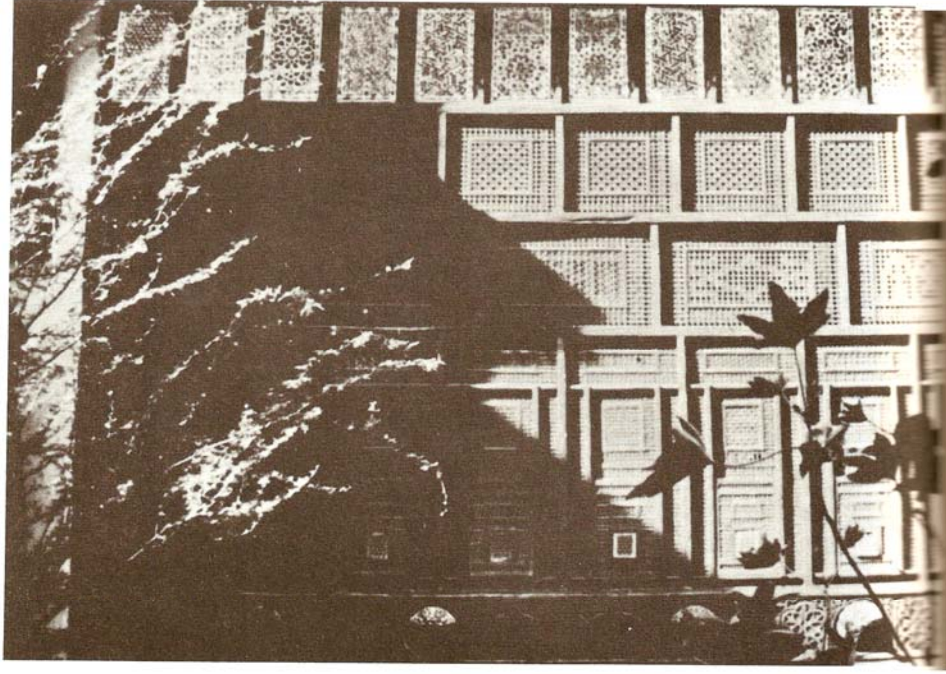
الشكل (٢٤) : (بالصفحة المقابلة) أثر الإضاءة الممكن تحقيقه في حجرة ذات سقف عال باستعمال المشربية. (انظر ص ٩٥). ⟸

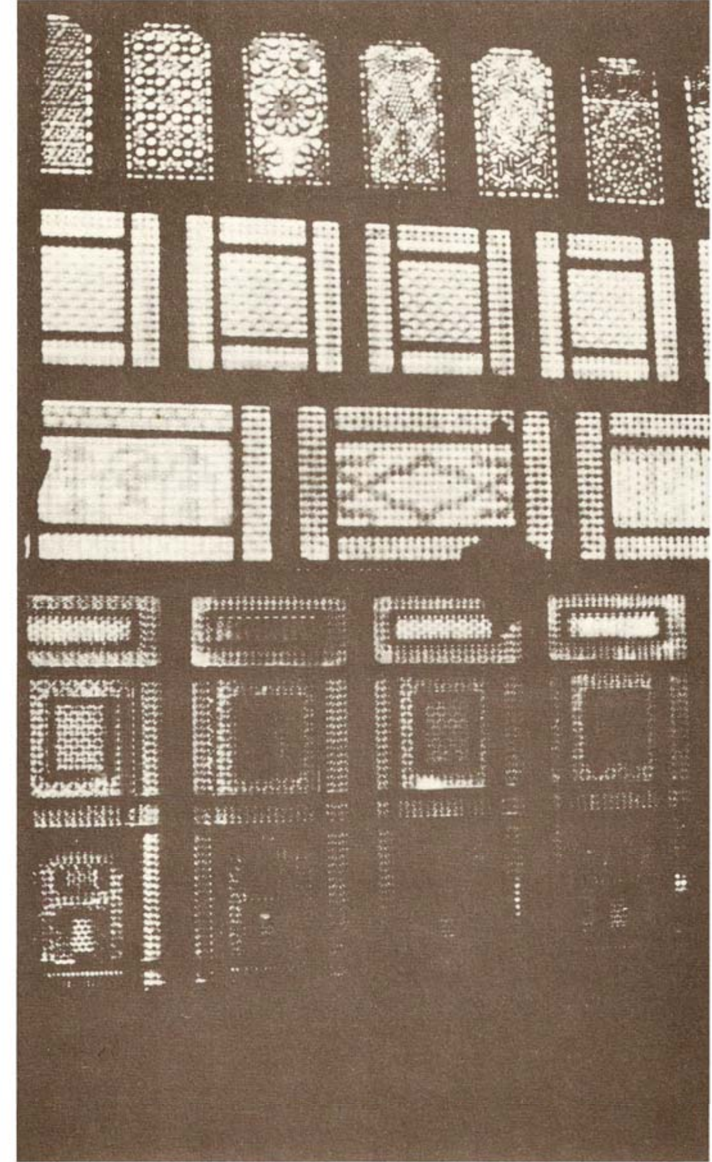


الشكل (٢٥) : منظر خارجي لمشربية في الطابق الثاني بمنزل السحيمي بالقاهرة، مبيناً المظلة البارزة فوقها. إن حجب الرؤية عند النظر إلى الداخل يؤمن عامل الخصوصية (Privacy). (انظر ص ٩٦).



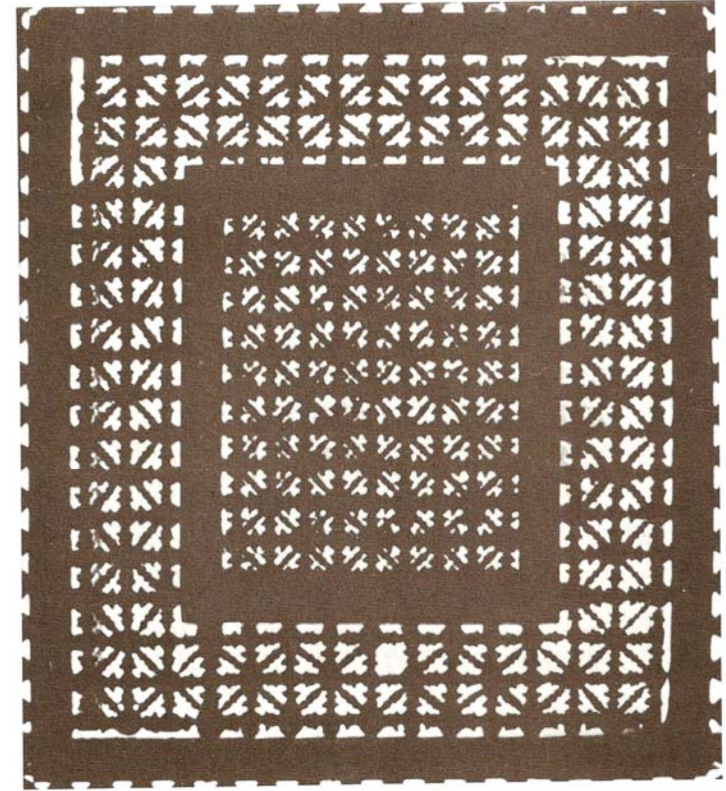
الشكل (٢٦) : مشربية ذات مسافات فاصلة كبيرة بين القضبان لزيادة التهوية. (انظر ص ٩٦).





الشكل (٢٧) : (بالصفحة المقابلة) مشربية تغطي واجهة كاملة لإحدى الحجرات من أجل زيادة التهوية، بيت السحيمي بالقاهرة. لاحظ تنوع الأنماط وكيف تتغير المسافات الفاصلة بتغير الارتفاع. (انظر ص ٩٦).

الشكل (٢٨) : (بأعلى) منظر من الخارج للمشربية المبينة في الشكل (٢٧). (انظر ص ٩٦).



الشكل (٢٩) : المنظر من الداخل لمشربية في بيت السحيمي بالقاهرة مأخوذة بتركيز عدسة آلة التصوير على شبكة المشربية. (انظر ص ٩٧).



الشكل (٣٠) : المنظر من خلال المشربية المبينة في الشكل (٢٩) دون تغيير وضع آلة التصوير، ولكن بتركيز العدسة على المبنى في الطرف الآخر من الفناء الداخلي. (انظر ص ٩٧).

الحجرة. ويظهر الشكلان (٢٧ و٢٨) صورتين إحداهما من الداخل وأُخرى من الخارج لمشربية مشابهة بحجم واجهة كاملة في منزل السحيمي، بالقاهرة. ويساعد الحجم الكبير لمثل هذه المشربية في التعويض عن ضعف الإضاءة الناتج عن وجود المشبك. وفي بعض الحالات، تستعمل المشربية في الداخل بين الحجرات لتهويتها من أكثر من جهة واحدة، كما يحدث في بعض المساكن بجدّة، بالمملكة العربية السعودية. وقد تمّ بشكل عام، استخدام المشربية في المناطق الحارّة الجافة، خاصة في الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وكذلك في الهند حيث يطلق عليه اسم «جالي» (Jali). يفقد الهواء المارّ من خلال المشربية الخشبية المنفذة بعضاً من رطوبته وذلك بامتصاص القضبان الخشبية لها إذا كانت معتدلة البرودة، كما تكون في الليل عادة. وعندما تسخن المشربية بفعل ضوء الشمس المباشر فإنها تفقد هذه الرطوبة للهواء المتدفق من خلالها. ويمكن استعمال هذه التقنية لزيادة رطوبة الهواء الجاف أثناء الحرّ في النهار، وتبريد الهواء وترطيبه في أكثر الأوقات احتياجاً لذلك. ولقضبان المشربية والمسافات الفاصلة بينها (*iterstices*) حجوم مطلقة ونسبية مثلى، تعتمد على مساحة السطوح المعرّضة للهواء، ومعدل مرور الهواء من خلالها. لذلك، فإن زيادة مساحة السطح عن طريق زيادة حجم القضيب تؤدّي إلى زيادة التبريد والترطيب. إضافة إلى ذلك، فإن قضيباً كبيراً له في الوقت ذاته مساحة سطحية أكبر تزيد من قدرته على امتصاص بخار الماء بالإضافة إلى التبريد الناجم عن تبخّر الماء فوق سطحه. كذلك، تكون سِعة امتصاصه للماء أكبر مما يمكّنه من الاستمرار بعملية إطلاق بخار الماء عن طريق التبخّر لفترة زمنية أطول.

بالإضافة لهذه التأثيرات الفيزيائية، تقوم المشربية بوظيفة اجتماعية إذ توفر الخصوصية (Privacy) للساكنين مع السماح لهم، في الوقت ذاته، بالنظر إلى الخارج من خلالها. لذلك يفضّل أن تكون المسافات المعينة للمشربية المطلّة على الشارع صغيرة، باستثناء الجزء الذي يعلو عن مستوى النظر. ويُظهر الشكلان (٢٩ و٣٠) مثالاً رائعاً للكيفية التي يمكن بها

للمشربية أنَ توفّر مَطلّاً للخارج دون حاجة إلى فقدان عامل الخلوة الذي يعطي الساكن شعوراً بالاطمئنان. فعندما نركّز النظر على المشبك تظهر المشربية وكأنها حائط يخرج منه الضوء، أما عند تركيز النظر على ما هو وراء المشبك فيظهر المنظر الخارجي جليّاً باستثناء إعاقة بسيطة.

ويوضّح الشكل رقم (٣١) كيف يمكن استخدام المشربية في تصميم المسكن العصري من خلال تصميم لمسكن عصري بالمملكة العربية السعودية، يحتوي على مشربية في أعلى الدور قاعة (dur-gaa [٢])، وآخر في المستوى الأدنى في الحُجرات المجاورة بالإضافة لملقف في جهة اليمين.

السقف The Roof

إذا كانت درجة حرارة الهواء في الخارج أعلى من الداخل، فإن السطح الخارجي للسقف المعرّض للشمس يسخن بامتصاصه للإشعاعة ولاتصاله بالحرارة الصادرة عن الهواء الخارجي. وينقل السقف، بعد ذلك، هذه الحرارة للسطح الداخلي الذي يعمل بدوره على رفع درجة حرارة الهواء الملامس له بتوصيل الحرارة إليه. وفي الوقت ذاته، يعكس السقف الحرارة فيمتصها الأشخاص أو الأشياء في الداخل مما يؤثّر على الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري.

لذلك فإن انعكاسية (reflectivity) السطح الخارجي للسقف، والمقاومة الحرارية (thermal resistivity) لمادة السقف لهما أهمية كبيرة. ويمكن للمصمِّم تظليل السقف وحمايته من الحرارة باستخدام سقف مزدوج تفصل بين جزئيه طبقة رقيقة من الهواء، أو بتغطية السقف العادي بالطوب المفرّغ. وتستخدم مواد خاصة في كثير من الحالات لعزل السقف، كالزجاج الليفي (fiber glass) والستيروفوم (styro foam) والطوب الخفيف. ويتطلب هذا الحل شراء هذه المواد الخاصة من الأسواق بأسعار عالية، مما يجعل كلفة البناء فوق الطاقة المادية لأكثرية سكان المناطق الحارّة الجافة.







الشكل (٣١) : (فوق) مقطع في قاعة الاستقبال في دار حديثة مصممة بالمملكة العربية السعودية مبيناً استخدام المشربية. هذا التصميم يحتوي على نظام مناخي كامل يشمل: الملقف، والحجرة، والدور قاعة، والصحن (الفناء الداخلي). وتعمل الزخارف على توفير انسجام بين مقاييس العناصر المختلفة للمبنى الجليل كالدور قاعة التي يبلغ ارتفاع سقفها ١٣ م (٤٣ قدماً). تصميم حسن فتحي. (انظر ص ٩٧).

الشكل (٣٢) : بالصفحة المقابلة (فوق) رواق مسقوف **(roof-terrace loggia)** بالعراق. (انظر ص ٩٩).

الشكل (٣٣) : بالصفحة المقابلة «تحت» رواق مسقوف لمنزل في رشيد بمصر. يحيط الدرابزين بفتحة في السقف تعمل كمخرج للهواء الساخن من الأدوار السفلى في النهار وكمهبط للهواء المعتدل البرودة في الليل. (انظر ص ٩٩).

لقد طُوِّرت حديثاً فكرة وضع غطاء ذي وزن خفيف فوق السقف الخاص بمكان الجلوس في التصميمات العصرية التي تحتوي على حديقة فوق السطح. وتكمن فائدة هذه الفكرة في أن التربة عازل جيد للحرارة. هذا من ناحية، أما من ناحية أخرى فإن النباتات تظلِّل السقف، وبرشّها بالماء تبرّد الهواء الملامس للسقف. هذه الفكرة تتطلب بنية إنشائية خاصة لضمان تحمّل السقف لهذه الأثقال، ومنع تسرّب الماء، بالإضافة إلى كونها باهظة النفقات بالنسبة لمعظم سكان تلك المناطق. كما وقد أظهرت الدراسات المتعلقة بالنواحي الجمالية والنفسانية أن الناس يفضلون العيش قريباً من جذوع الأشجار وأغصانها وأوراقها وأزاهيرها على العيش تحت الجذور.

ليس من شك بأن تصميم السقوف بحيث يلائم تلك التقاليد الشعبية ويسمح بتظليلها بطريقة طبيعية، يعد من الأفكار الناجحة. ففي الدول الحارّة الجافّة التي تهبط فيها درجة الحرارة كثيراً في الليل، قام السكان بعمل أروقة مسقوفة (loggias) أو ممرّات مسقوفة مفتوحة الجوانب فوق السقف، أو تغطيته أحياناً بأغطية خفيفة الوزن. وتؤدي هذه المظلّلات وأغطية السقف وظيفة مزدوجة: تظليل السقف خلال النهار، وتوفير حيّز مهيأ فسيولوجياً لراحة الإنسان في يقظته ونومه. ويبيِّن الشكلان (٣٢، ٣٣)، على التوالي وبالترتيب، أمثلة من العراق ورشيد في مصر.

لشكل السقف أهمية كبيرة أيضاً في المناخ المُشمِس. إذ يستقبل السقف المنبسط الإشعاع طوال النهار وبمعدل يكون كبيراً في الصّباح الباكر، وينقص في الفترة المتأخرة من بعد الظهر، بسبب التغيّرات في كلٍ من زاوية الشمس وشدّة الإشعاع الشمسي.

وللسقف المائل أو المنحني مزايا عديدة تجعله أفضل من السقف المنبسط، أولها الزيادة الملحوظة في ارتفاع جزء من المساحة الداخلية مما يوفّر مكاناً لحركة الهواء الدافىء الصاعد من أسفل، ومكاناً لتجمّع الهواء الدافىء الملامس للسقف، بعيداً عن رؤوس الأشخاص الموجودين في

داخل الحجرة، وثانيها الزيادة في مجمل مساحة السقف مما يؤدي إلى توزيع شدّة الإشعاع الشمسي فوق مساحة أكبر، فيقلّ بالتالي متوسط الزيادة في حرارة السقف، ومتوسط انتقال الحرارة إلى الداخل. أما ثالث هذه المزايا فهي أن جزءاً من السقف يكون مظلّلاً في معظم ساعات النهار، فيعمل كمشع للحرارة (radiator) إذ يمتصّ الحرارة من جزء السقف المعرّض لأشعة الشمس، ومن الهواء في الداخل، ثم يشعّها للهواء الخارجي الأكثر برودة الواقع في ظلّ السقف.

يكون هذا الأثر فعّالاً بشكل خاص، في السقوف التي تكون على شكل نصف الأسطوانة (half-cylinder) أو السقوف المقبّبة (domed) على شكل نصف كرة (hemisphere)، ففي هذه الحالة يكون جزء من السقف مظلّلاً دائماً إلا في وقت الظهيرة، أي عندما تكون الشمس فوق الرأس مباشرة. وتزيد السقوف المقببة والمقوّسة من سرعة الهواء المارّ فوق سطوحها المنحنية، وذلك نتيجة تأثير برنولي (Bernoulli effect) التي سوف نتناولها في الفصل القادم، مما يزيد من فاعلية رياح التبريد في خفض درجة حرارة مثل هذه السقوف.

الفصل الخامس

أثر الريح في حركة الهواء

The Wind Factor in Air Movement

عندما يكون الجلد مبلّاً بالعرق ومعرّضاً لهواء درجة تشبّعه بالبخار (dew point) أقل من درجة حرارة الجلد، فإن العرق يتبخر، فتنخفض درجة حرارة الجلد، لأن تحوّل العرق إلى بخار ماء يحتاج إلى طاقة. لكن، بعد فترة قصيرة يصبح الهواء الملامس للجلد مشبعاً ببخار الماء فيتوقف التبخّر. ومن أجل استمرار عملية التبخّر، يجب إزاحة هذا الهواء المشبع ميكانيكياً باستعمال المراوح، مثلاً، أو طبيعياً كنتيجة لحركة الهواء وتياراته.

ويمكن من خلال التصميم المعماري الجيد ضمان حركة الهواء الطبيعية باستخدام أحد هذين المبدأين: يعتمد المبدأ الأول على التباين في ضغط الهواء الناجم عن الاختلافات في سرعات (velocities) الرياح، الأمر الذي يؤدي إلى تدفق الهواء من منطقة الضغط العالي إلى الضغط المنخفض. ويعتمد المبدأ الثاني على حركة الهواء بتأثير الحمل (convection) الناتجة عن تسخين الهواء وصعوده إلى أعلى، مما يقتضي حلول هواء أكثر برودة منه في مكانه. هكذا يتكوّن تيار هوائي معتدل البرودة في المساحة الواقعة بين المنطقة الدافئة، وفتحة دخول الهواء المعتدل البرودة. ويتحدد معدل تدفق الهواء في الأبنية بفعل الحمل بالفرق بين مناسيب الفتحات المختلفة. فكلما زاد الفرق بين المناسيب زاد تدفق الهواء. وعندما يكون الهواء في الخارج ساكناً مع وجود حاجة إلى تهوية الداخل لتوفير الراحة المطلوبة! يصبح هذا الأمر في غاية الأهمية. وقد

استخدم هذان المبدآن في التصميم المعماري وتخطيط المدن بعدة طرق استعملت فيها ابتكارات عديدة. وسنبحث حركة الهواء الناتجة عن تباين الضغط، وأنظمة التبريد التي تعمل بهذا المبدأ في هذا الفصل، أما في الفصل التالي فسنركّز على بحث حركة الهواء بفعل الحمل، وأثر الشمس في ذلك.

حركة الهواء بفعل تباين الضغط

Air Movement by pressure Differential

تعدُّ «عملية فنتوري» (Venturi action)، التي تعتمد أساساً على تأثير برنولي (Bernoulli effect) إطاراً نظرياً هاماً لفهم كيفية حدوث حركة في الهواء بفعل تباين الضغط الناتج عن حركة الرياح. وتتلخص نظرية برنولي بأن ضغط المائع المتحرّك (moving fluid) يقلّ بازدياد سرعته (its velocity). ويبيّن الشكل رقم (٣٤) أُنبوباً قمعي الشكل (funnel-shaped) ذا فتحة جانبية متصلة بأُنبوب آخر. وعند ضخ الهواء في القمع باتجاه الطرف الأضيق يبدأ الهواء بالتسارع بسبب نقصان مساحة مقطع المكان الذي يجب أن يمرّ منه نفس الحجم من الهواء في الفترة الزمنية ذاتها. وتؤدي هذه الزيادة في سرعة الهواء إلى خفض ضغط تيار الهواء عند النقطة (أ) بالنسبة إلى الضغط الجوي عند النقطة (ب) في الجزء السفلي من الأنبوب الجانبي. وبهذه الطريقة يتم سحب الهواء عن طريق الأنبوب الجانبي بفعل تباين الضغط الذي يتناسب مع مربع السرعة (velocity). ويمكن استخدام هذا المفهوم بأكثر من طريقة واحدة لتوفير تيارات هوائية مستمرة في داخل الأبنية.

وفيما يتعلق بحركة الهواء في الداخل الناتجة عن تباين الضغط، يكون تدفق الهواء أكثر انتظاماً في الحالات التي تعتمد على السحب (suction) الناجم عن ضغط الهواء المنخفض وليس المرتفع، الذي تسبّبه قوة الرياح. ومن الواضح أنه لا بدّ من وجود فتحتين على الأقل لتوفير حركة

الهواء المطلوبة في الحجرة، فقد دلّت التجارب على أن حركة الهواء تكون أسرع وأكثر انتظاماً عندما تكون الفتحات في جانب المبنى المدابر للريح (lee ward) أكبر من تلك في جانبه المواجه للريح (wind ward).

يعتبر الرواق المسقوف (loggial) في بيت الضيافة في قرية القرنة قرب الأقصر بمصر، من الأمثلة الهامة، كما هو ظاهر في الشكل (٣٥). فحتى في يوم حار جداً، يهب نسيم معتدل البرودة إلى داخل الرواق. ويرجع هذا إلى التصميم المعماري الذكي الذي يـوظّف مبادىء علم التحريك الحراري. فالحجرة تطل من ناحية على فناء مدابر للريح، وفي الناحية الأخرى يحجب الرياح السائدة حائط شبه مغلق فيه صفّان من الفتحات الصغيرة. وينتج عن تدفق الهواء فوق المبنى وحوله منطقة ضغط جوّي منخفض في الجانب المدابر للريح في داخل الرواق وذلك وفقاً لمبدأ برنولي مما يؤمّن تدفقاً منتظماً للهواء بطريق الامتصاص من خلال الفتحات الصغيرة. وفي الشكل (٣٦) مخطط توضيحي لديناميكية تدفق الهواء والتغيّر في الضغط في داخل الرواق. تستخدم مثل هذه الأساليب بشكل واسع للتغلّب على المعضلات التي يسبّبها المناخ في نماذج مختلفة

---

١ ـ تعتمد فاعلية هذه الطريقة كثيراً على مساحة فتحات دخول وخروج الهواء م.، مخ، وعلى سرعة الريح هـ، وإذا افترضنا أن اتجاه هبوب الريح متعامد مع سطح الجدار عند فتحة الدخول فإن معدل تدفق الهواء ق في داخل المبنى يصبح مساوياً:

ق = ت م. هـ

$F = C A_1 V$

م./مخ	ت
٠,٢٥	٠,٢٠٨
٠,٥٠	٠,٣٧٩
٠,٧٥	٠,٥١١
١,٠٠	٠,٥٩٧
٢,٠٠	٠,٧٥٨
٣,٠٠	٠,٨٠٥
٤,٠٠	٠,٨٢٤
٥,٠٠	٠,٨٣٣

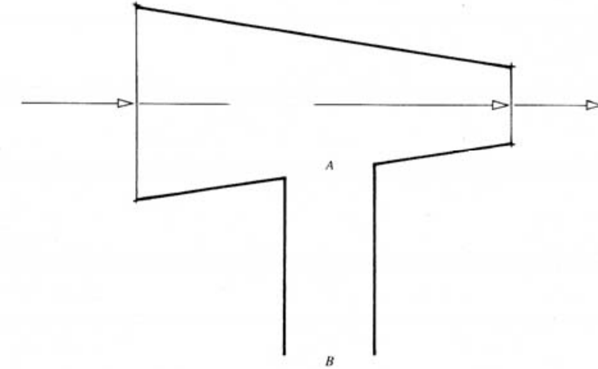
=

من الأبنية في المناطق ذات المناخ الحارّ الجاف. ويوضّح هذا المثال أن التحليل الدقيق لخطوط حركة الهواء شرط أساسي لفهم الكيفية التي يمكن من خلالها للعناصر المعمارية المبتكرة توفير الراحة المُثلى المقرونة بالمحيط الحراري.

وتوفّر تطبيقات أخرى لهذا المبدأ معلومات عملية قيِّمة. ففي إقليم الحلّة بالعراق استخدم القرويون الطريقة المبيّنة في الشكل (٣٧) لتحريك الهواء بفعل (suction). فجعلت فتحات دخول الهواء في الجانب المواجه للريح منخفضة لأن درجة حرارة الهواء قرب سطح الأرض تهبط كثيراً أثناء الليل فيصبح بالتالي النوم في داخل الحجرة ممكناً بدلاً من النوم فوق سطح البناء. كما وينتج عن وضع الباب الكبير بالنسبة لمساحة النوافذ في الجانب المدابر للريح تيار هوائي بفعل الامتصاص يحرّك الهواء في داخل الحجرة على مسافة نسبية فوق النائمين. كما أن انخفاض فتحات الدخول عن منسوب الباب يزيد من سرعة خروج الهواء الساخن من الباب بفعل الحمل، فيستبدل بهواء أبرد من خلال فتحات الدخول (inlet vents).

ويمكن لهذه الفتحات أيضاً أن تكون مخارج للهواء الساخن، ونشاهدُ مثالاً على ذلك في الواجهة الخارجية لبناء تقليدي في نجد، بالمملكة العربية السعودية، في الشكل (٣٨)، حيث وضعت الفتحات المثلثة الشكل في الجزء العلوي من الجدار الأقرب للسقف كي يخرج منها الهواء الساخن الذي يتجمع في الأجزاء العلوية من الحجرة بفعل الحمل، ثم يستبدل الهواء الذي يخرج من الفتحات بهواء أبرد من أجزاء أخرى من المبنى.

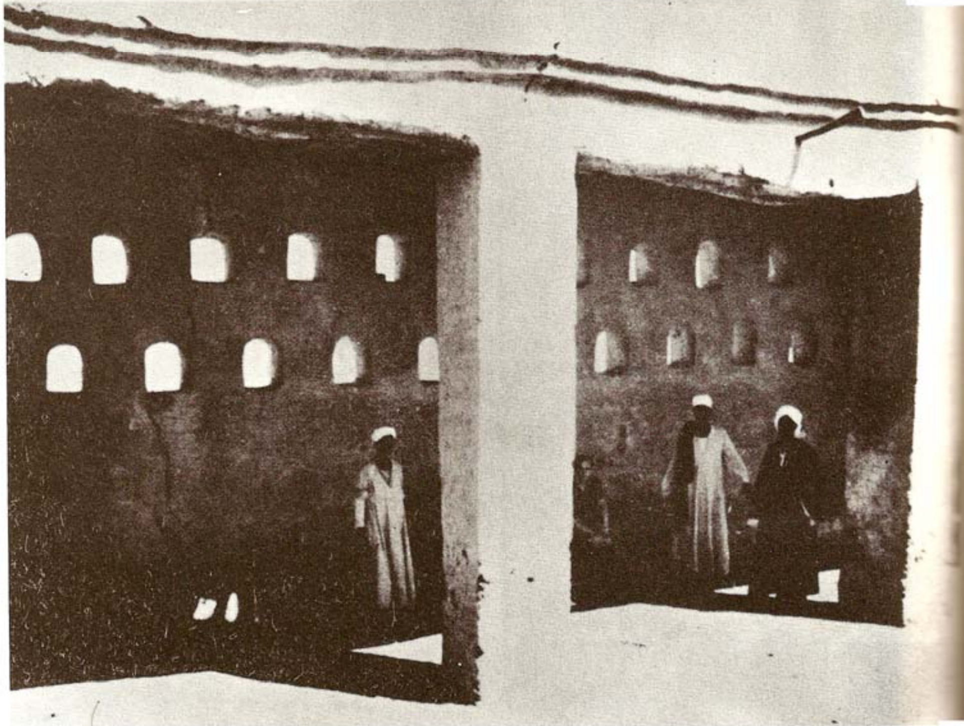
= حيث ت تعتمد على نسبة م./مخ بالشكل التالي: (إذا استخدمنا وحدات قياس موحّدة في المعادلة تكون قيمة ت ليس لها وحدة قياس. على سبيل المثال، إذا كانت ق مقيسة بِـم٣/ث، م مقيسة بِـم٢، هـ مقيسة بِـم/ث، أو إذا كانت ق مقيسة بِـقدم٣/ث، م مقيسة بِـقدم٢، هـ مقيسة بِـقدم/ث، وإذا كان اتجاه هبوب الريح غير متعامد مع سطح الجدار فإن معدل تدفق الهواء يقلّ بصورة تتناسب مع زاوية انحراف اتجاه هبوب الريح عن العموديّ.

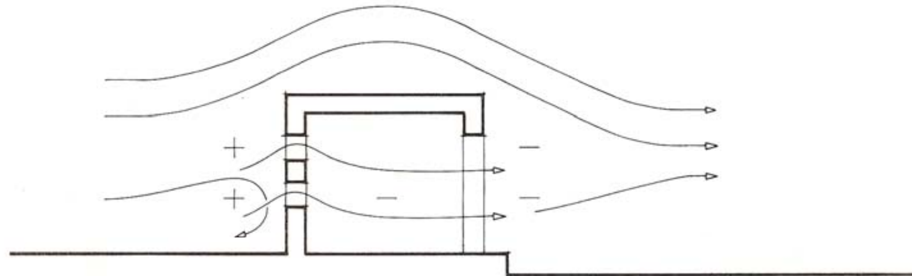


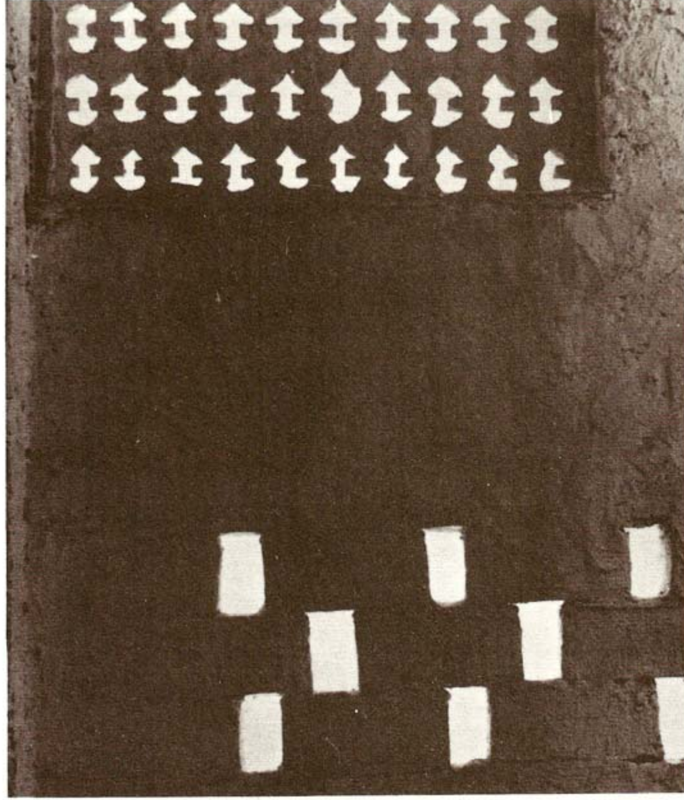
الشكل (٣٤) : (فـوق) قمع بأنبوب جانبي لتوضيح تأثير برنولي (Bernoulli). (انظر ص ١٠٢).

الشكل (٣٥) : بالصفحة المقابلة (فوق) جدار مثقوب في الجانب المواجه للريح للجزء المفتوح المسقوف من المضيفة، في القرنة بمصر. (انظر ص ١٠٣.

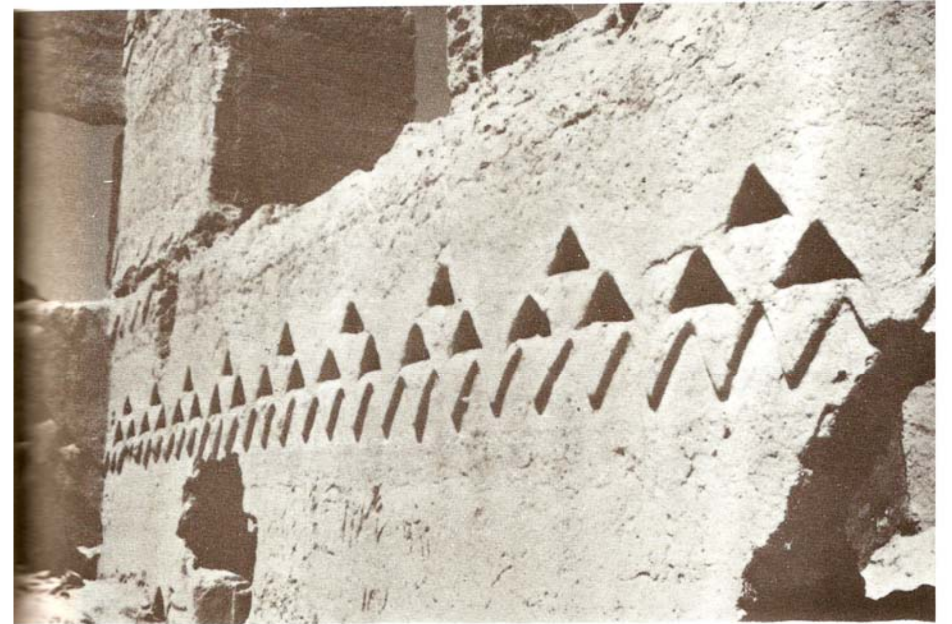
الشكل (٣٦) : بالصفحة المقابلة (تحت) رسم توضيحي يبين مبادىء علم الديناميكا الهوائية التي توفر نسيماً عليلاً في الجزء المفتوح المسقوف كما هو موضح بالشكل (٣٤). ترمز الإشارات الموجبة والسالبة إلى مناطق زيادة ونقصان الضغط، على التوالي. إن التحليل الدقيق لخطوط الديناميكا الهوائية (Aerodynamic) لحركة الهواء ضروري عند تطبيق المبـادىء العلمية فيمـا يختص بالـراحة المثلى المتعلقة بـالمحيط الحراري. (انظر ص ١٠٣).







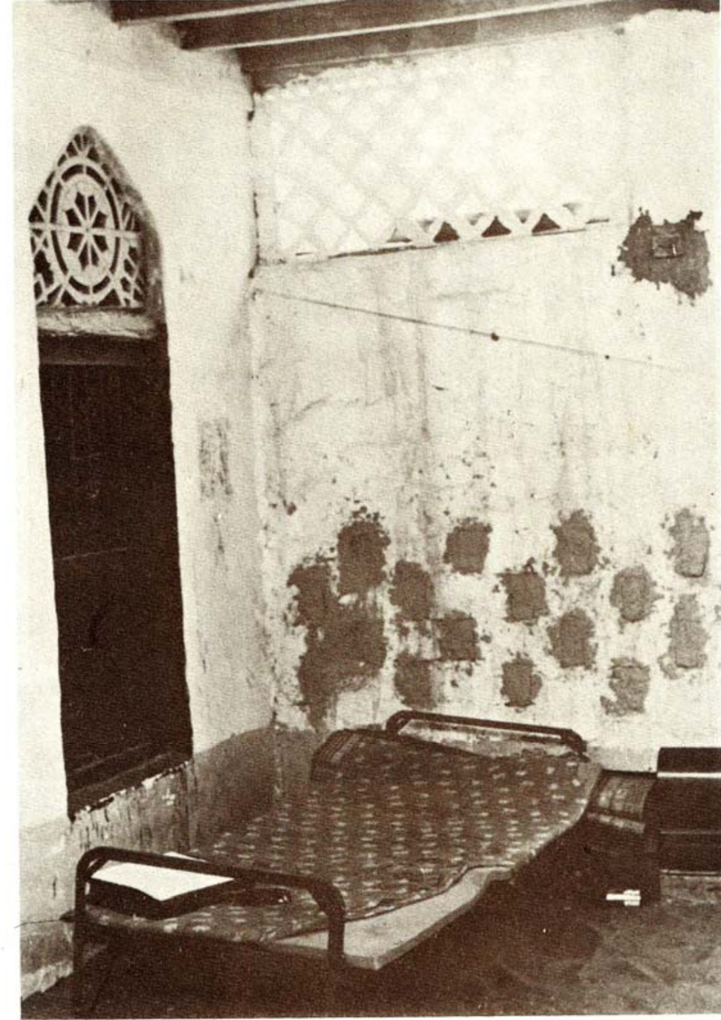




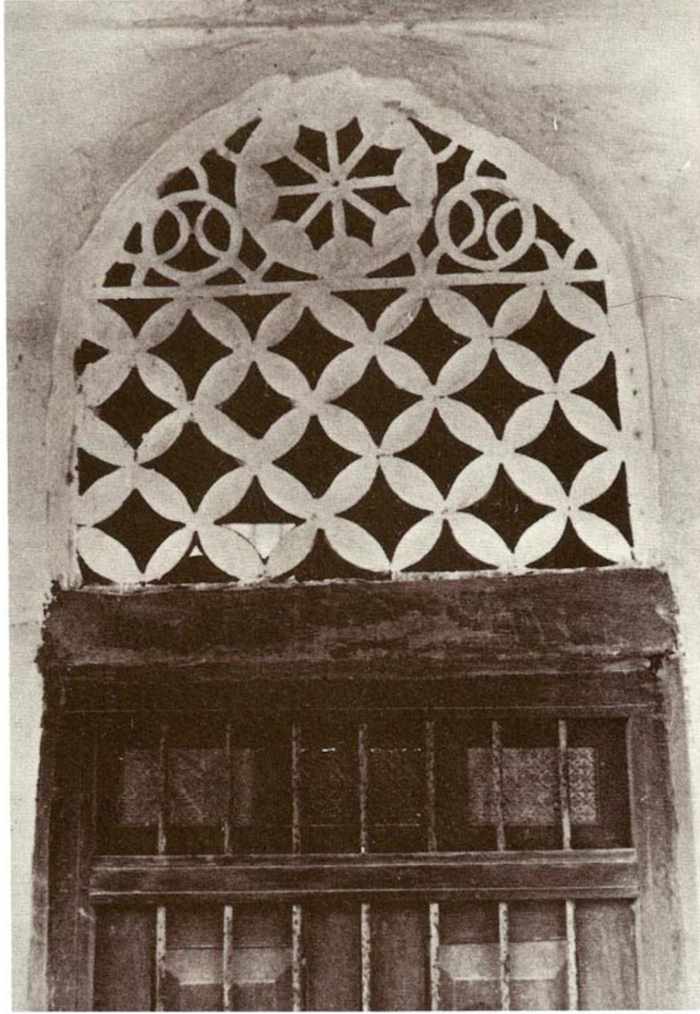
الشكل (٣٧) : بالصفحة المقابلة (فوق) داخل إحدى الحجرات في قرية بإقليم الحلة بالعراق، وقد نزع السقف المصنوع من سعف وأغصان النخل، وظهرت فتحات الهواء التي على مستوى منخفض من أجل توفير راحة النوم في داخل الحجرة.

الشكل (٣٨) : بالصفحة المقابلة (تحت) فتحات تهوية صغيرة مثلثة الشكل تحت السقف مباشرة في أحد المساكن في قرية دنيجا (Daniga) بنجد، بالمملكة العربية السعودية. (انظر ص ١٠٤).

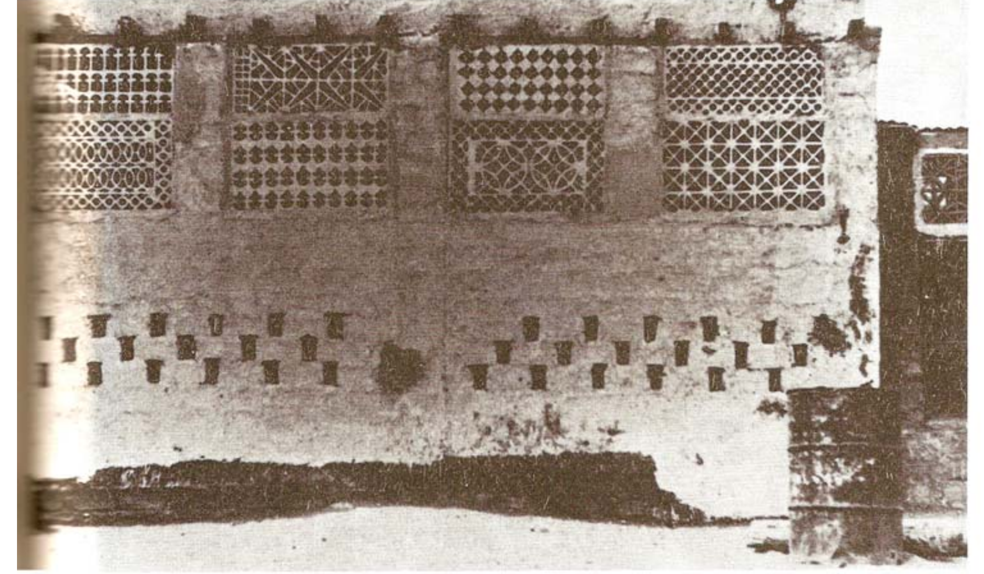
الشكل (٣٩) : (فوق) طوب مفتوح مثقوب (claustra) في دبي بالإمارات العربية المتحدة. (انظر ص ١٠٥).



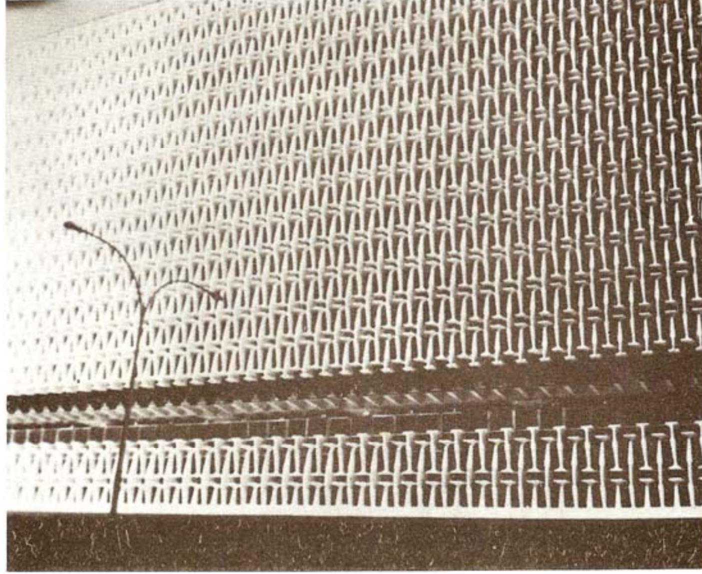
الشكل (٤٠) : طوب مفتوح (مثقوب) في دبي بالإمارات العربية المتحدة. لقد سبب الطوب المفتوح على مستوى النائم حدوث تيار هوائي قوي مما اقتضى إغلاقه. (انظر ص ١٠٥).



الشكل (٤١) : طوب مفتوح (مثقوب) فوق باب مدخل أحد الأبنية في عُمان. (انظر ص ١٠٥).



الشكل (٤٢) : طوب مفتوح (مثقوب) في جدار حاجز السقف فوق سقف أحد الأبنية في عُمان. (انظر ص ١٠٥).



الشكل (٤٣) : واجهة أحد الأبنية في الكويت مبيناً استعمالاً خاطئاً للطوب المفتوح (المثقوب) ككاسرات الشمس. (انظر ص ١٠٥).

الطوب المفتوح Claustrum

في كثير من الأحيان يكون من الأفضل استخدام فتحات التهوية الصغيرة عوضاً عن الفتحات الكبيرة القليلة العدد لأغراض توفير عامل الخصوصية والأمن والتوزيع المنتظم لتدفق الهواء وحجب أشعة الشمس المباشرة وتوفير منظر جميل. إلا أنه يمكننا عمل فتحات كبيرة للإضاءة والتهوية في أماكن معينة من المبنى وتغطيتها بإنشاء متشابك (lattice work) وقد كان أول استعمال لهذه العناصر الشبكية التي تسمى الطوب المفتوح (claustra) لملء فتحات كبيرة عالية في الحمّامات الرّومانية. ويتم نحتها في العمارة الريفية عموماً، بأسلوب زخرفي، في ألواح من الجص، بعكس المشربية التي تُصنع من الخشب. ويستخدم الطوب المفتوح بشكل رئيس لتفريغ الأجزاء العلوية في الحجرة من الهواء الساخن. كما يستخدم في جدران حاجز أو سور السطح (parapet walls) ـ وهي الجدران المنخفضة التي تحيط بالسطح من جميع جهاته ـ للسماح لتيارات الهواء بالوصول للنائمين فوق السطح في فصل الصيف. ويوضّح الشكلان (**٣٩ و٤٠**) أمثلة لتصميمات عديدة استخدم فيها الطوب المفتوح في دبي، بدولة الإمارات العربية المتحدة. وفي الشكلين (**٤١ و٤٢**) مثالان من دولة عُمَان.

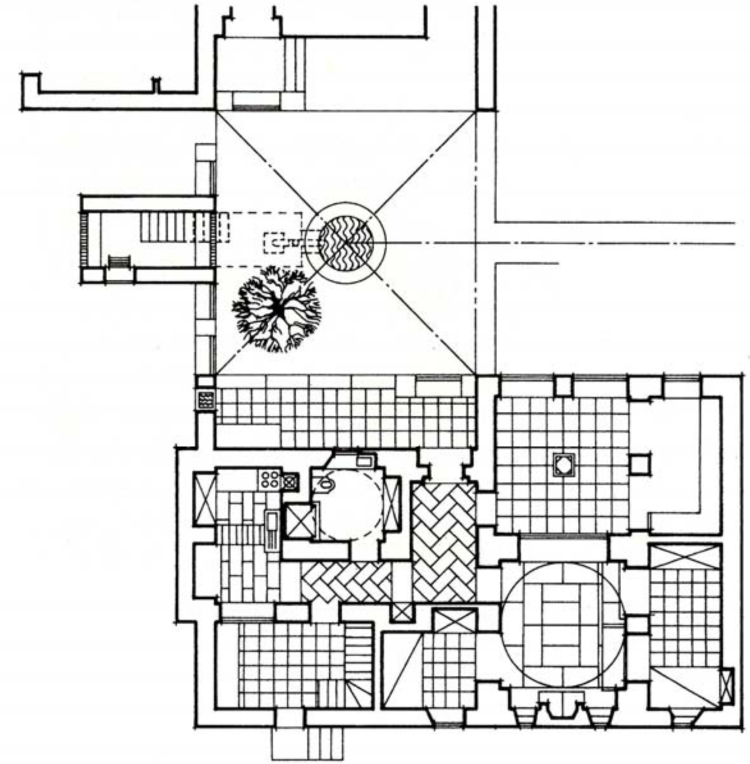
ويستعمل الطوب المفتوح في العمارة الحديثة، أحياناً، بشكل غير ملائم للاستعاضة عن كاسرات الشمس، وذلك بتغطية واجهات كاملة من المبنى به. والطوب المفتوح هو في الحقيقة عبارة عن ستار لتغطية فتحات ذات حجم معين، لذا لا يجب استعماله كجدار حامل (bearing wall). هذا ويعدُّ استعماله خارج الإطار المخصص له أي بتغطية واجهات كاملة به، تجاوزاً للمقياس الإنشائي (structural scale) والقواعد الجمالية لفن هندسة العمارة. كما أن وضع الطوب المفتوح على مستوى النظر (eye-level) يزعج العين بسبب التباين الحادّ بين الضوء والظل الناجم عن الأحجام غير المتناسقة للأجزاء المضاءة والمظلّلة المكوِّنة له، وعدم وجود تدرّج في الانتقال من الجزء المُضاء إلى الجزء المظلّل، لأن العناصر

مُستطيلة الشكل وليست منحنية. وعند استعمال الطوب المفتوح عِوَضاً عن كاسرات الشمس، تظهر فيه العيوب ذاتها الخاصة بكاسرات الشمس، بعكس المشربية. ويوضّح الشكل (**٤٣**) استعمالاً غير صحيح للطوب المفتوح في إحدى الواجهات بالكويت. ورغم ذلك، يجوز وضع الطوب المفتوح على مستوى النظر بشرط استعماله في الحجرات قليلة الاستعمال، كالجدران الخارجية لسلم (stair case) أو في الفراغات الخارجية كالأفنية أو السقوف حيث لا يبهر العين تباين الضوء والظل لدى النظر من خلاله إلى الخارج.

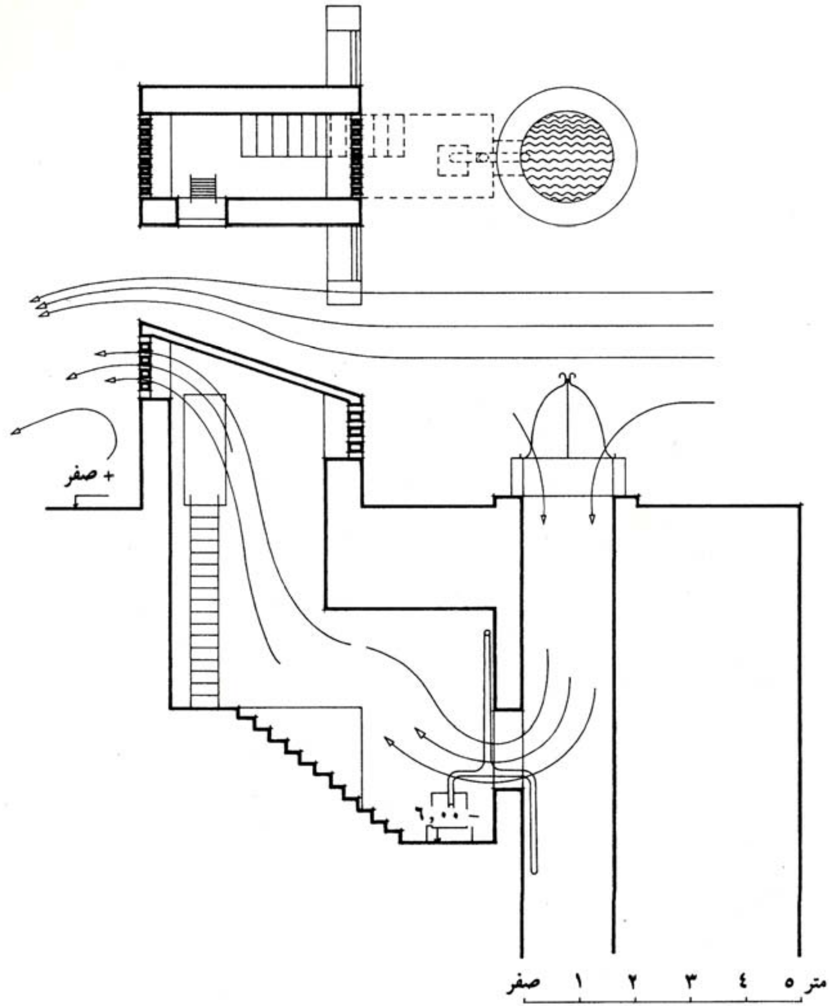
مخرج الريح The Wind Escape

يعتمد تصميم مخرج الريح على استغلال السحب الناتج عن وجود مناطق ذات ضغط هوائي منخفض، لتوليد حركة منتظمة للهواء في الداخل. فعند تمثيل القمع والأنبوب الجانبي المستخدَمين في إيضاح طريقة برنولي أو طريقة فنتوري (انظر الشكل (**٣٤**)) بالعناصر الإنشائية للتصميم المعماري يمكن زيادة سرعة تحرّك الهواء وتكوين تيارات هوائية في أماكن منغلقة تماماً. وما تزال هذه الفكرة تطبق في الأدوار السفلية أو في بدرومات الأبنية بالعراق.

ومن الأمثلة المثيرة ما حدث بالصدفة أثناء تصميم حجرة لمضخة (pump room) في أحد الآبار الارتوازية بالإسكندرية. فقد كان مستوى حجرة المضخة أقلّ بستة أمتار عن مستوى سطح الأرض، وذلك بسبب الانخفاض الكبير لمستوى سطح الماء في داخل البئر والبالغ **١٢** متراً تحت سطح الأرض. وكان للحجرة فتحة جانبية مطلّة على البئر لإمرار الأنابيب، وتفقّدها من حين لآخر. وكانت الحجرة مغطاة بعقد أسطواني الشكل (vault roof) يميل إلى الأعلى باتجاه حركة الريح، كما هو موضّح في الشكلين (**٤٤، ٤٥**). وخُشي من تلوّث الهواء في هذه الحجرة الصغيرة بفعل الغازات الصادرة عن محرّك المضخة. لكنّ السقف المقوّس والمائل



الشكل (٤٤) : مسقط أفقي لجزء من بيت سيدي كرير في الإسكندرية بمصر، مبيناً تفاصيل لحجرة المضخة تحت الفناء الداخلي. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١٠٦).



الشكل (٤٥) : مسقط أفقي ومقطع لحجرة المضخة في بيت سيدي كرير في الإسكندرية مبيناً التهوية التي يولدها مخرج الريح. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١٠٦).

فوق حجرة المضخة وفّر إيجاد تيار هوائي قوي عمل على سحب الهواء من خلال فتحة مَهْوَى البئر (well shaft opening) عند مستوى سطح الأرض.

ويمكن الاستفادة من هذا المفهوم بشكل كبير في تصميم الحجرات فوق سطح الأرض أيضاً. إذ يمكن لمخرج الرياح أن يسرع في تحريك الهواء ويزيد التهوية الفعّالة إذا استخدم مع أجهزة أخرى وظيفتها تحريك الهواء، كالنوافذ والأبواب وملقف الرياح (wind catch) مما سنشرحه الآن بالتفصيل.

ملقف الريح The Malqaf

هناك صعوبة في المناطق الحارّة الجافة تعترض النافذة للقيام بالوظائف الثلاث جميعها: الإضاءة، التهوية، توفير مطلّ. فمن أجل أن تقوم النافذة بوظيفة التهوية يجب أن تكون صغيرة الحجم. وفي هذه الحالة قد تصبح الإضاءة غير كافية. لذلك، ومن أجل الحصول على إضاءة كافية، تُصنع نوافذ كبيرة مما يسمح بدخول تيارات الهواء الساخن من الخارج، بالإضافة إلى إحداث سطوع شديد ومزعج. لذلك يصبح ضرورياً تحقيق كلٍّ من هذه الوظائف الثلاث على حِدَة.

فمن أجل التهوية ابتكر ما يسمّى الملقف. وهو عبارة عن مَهْوَى (shaft) يعلو عن المبنى، وله فتحة مقابلة لاتجاه هبوب الريح السائدة لاقتناص الهواء المارّ فوق المبنى والذي يكون عادة أبرد، ودفعه إلى داخل المبنى. وبهذه الطريقة يُغني الملقف عن الحاجة إلى النوافذ العادية لتوفير التهوية وحركة الهواء اللازمتين. ويفيد الملقف أيضاً، في التقليل من الغبار والرمال اللذين تحملهما عادة الرياح التي تهب على الأقاليم الحارّة والجافة. وتحتوي الرياح التي تقتنص فوق المبنى كميةَ من المادة الصّلبة أقل من تلك الموجودة في مستويات أكثر انخفاضاً، كما أن كثيراً من الرمال التي قد تَلج إلى الداخل تتراكم في النهاية في قعر المَهْوَى.

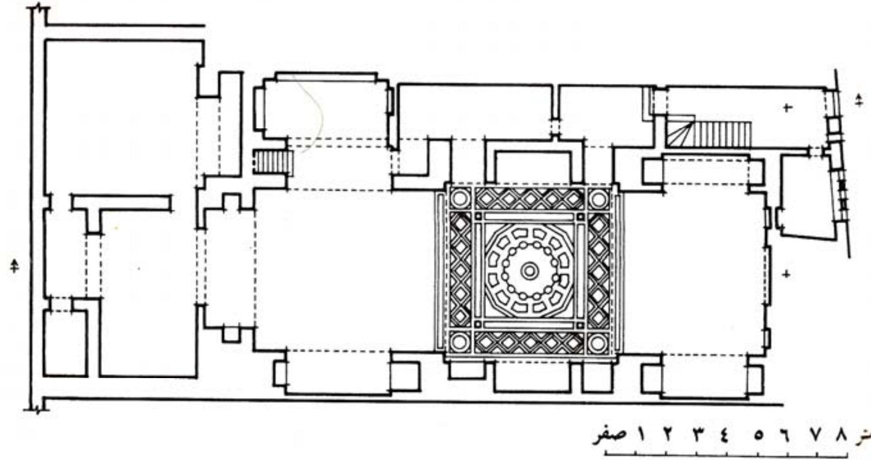
وللملقف أهمية أوضح وأبين في المدن الكثيفة السكان ذات المناخ

الدافىء الرطب، حيث تعتمد راحة الإنسان المتعلقة بالمحيط الحراري في مجملها على حركة الهواء. فالأبنية المتلاصقة تحول دون الرّياح وتقلّل سرعتها على مستوى الشارع فتصبح النوافذ العادية غير كافية لتوفير التهوية اللازمة. ويمكن تصحيح هذا الوضع باستعمال الملقف.

إن الملقف أصغر جداً من واجهة المبنى، لذا فمساحة سطحه أصغر من أن تحجب ملاقف الأبنية الواقعة خلفها في مواجهة الريح. ويظهر في الشكل (٤٦) مثالاً من السند (Sind) بالباكستان، حيث يشيع استخدام الملقف، ويرى مرتفعاً فوق المنازل كالأشرعة التي تتلقف الرياح.

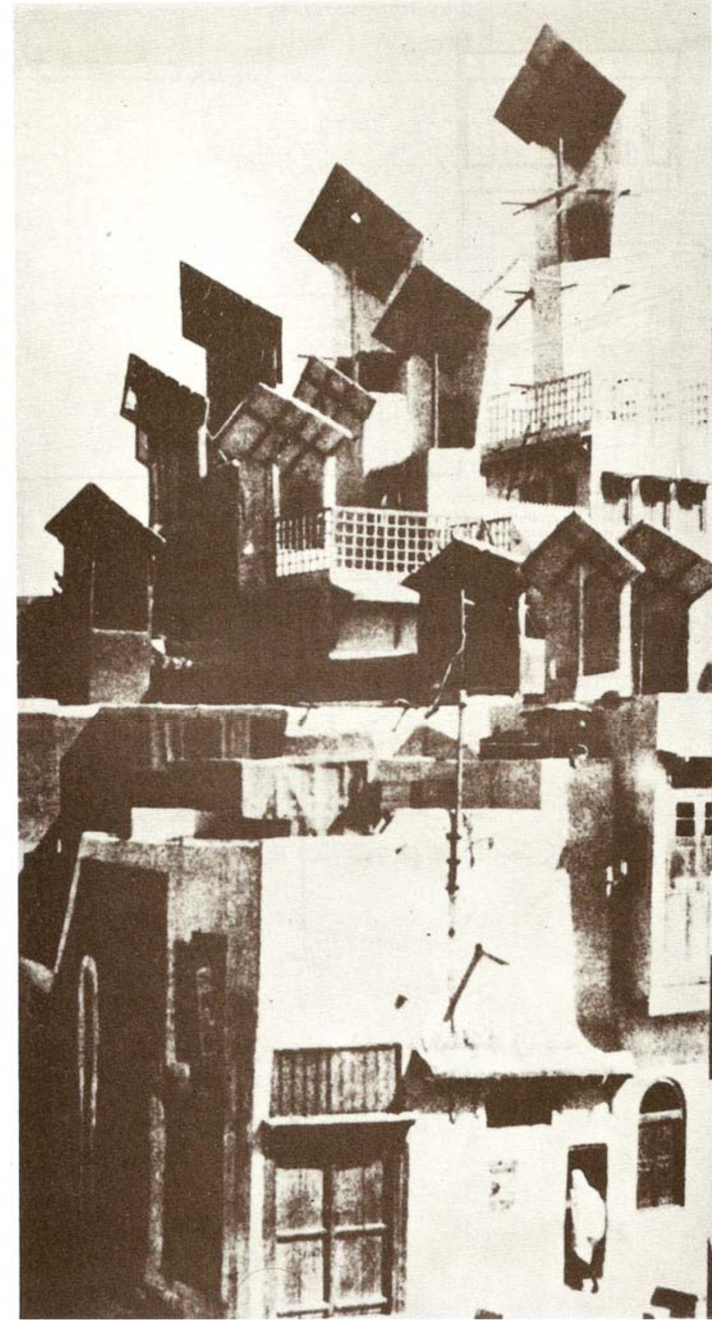
وفي مصر، تطور الملقف كثيراً، وقد كان منذ فترة طويلة مَعْلَماً من معالم العمارة الريفية. إذ يعود تاريخ المثال الرائع لقاعة بيت محبّ الدين الشافعي الموقي، المعروف باسم عثمان كتخدا، بالقاهرة، للقرن الرابع عشر الميلادي. ويظهر في الشكلين (٤٧، ٤٨) مسطّح ومقطّع فيها.

فالقاعة هي حجرة الاستقبال الرئيسية للضيوف، وهي عبارة عن حجرة تقع وسط المبنى وترتفع طابقين أو أكثر. وتستعمل القاعة في المنازل عادة للجلوس، وقد تُستعمل كغرفة للاجتماعات في قاعة الاحتفالات. وتتكوّن عادة من ثلاثة فراغات متصل بعضها ببعض وهي:
الجزء المركزي ويدعى الدورقاعة وهو عبارة عن منطقة للحركة سقفها مرتفع وأرضيتها خالية من السجاد وتوفّر الإضاءة والتهوية، أما الجزآن الآخران فهما عبارة عن تجويفين منغلقين أرضيتهما مرتفعة قليلاً ومغطاة بالسجادة، ويدعى الواحد منهما إيواناً (جمعها إيوانات). وتدعم جدران القاعة بسبب ارتفاعها بأكتاف جانبية (buttresses) فتكتسب القوة والرشاقة في آنٍ واحد. وتحوي هذه الأكتاف فجوات تُستخدم للجلوس تدعى كونجه (Kunja). وترتفع أرضية الكونجه عادة عن أرضية الدورقاعة والإيوان، وللوصول إلى القاعة يجب المرور من خلال الدورقاعة التي يمكن اعتبارها صحناً أو فناءً مكشوفاً سُقف دون مساس ببلاط أرضياته أو الفسيفساء الرخامية التي يتميز بها.



الشكل (٤٦) : (بالصفحة المقابلة) استعمال الملقف في قرية في مقاطعة السند (Sind) بالباكستان. (انظر ص ١٠٨).

الشكل (٤٧) : (فوق) مسقط أفقي لقاعة محب الدين الشافعي الموقي التي بنيت بالقاهرة حوالى عام ١٣٥٠. (انظر ص ١٠٨).



متره ٥ ٤ ٣ ٢ ١ صفر

الشكل (٤٨) : مقطع في قاعة محب الدين الشافعي الموقي مبيناً الملقف وموقع القاعة المتوسط. (انظر ص ١٠٨).

الإيوان الشمالي

الدورقاعة

الإيوان الجنوبي

الشكل (٤٩) : مقطع في قاعة محب الدين الشافعي الموقي مبيناً كيف يعمل الملقف ومخرج الرياح على تكوين حركة داخلية للهواء. ترمز الأسهم إلى اتجاه تدفق الهواء ويتناسب طول السهم مع سرعة الهواء. أخذ القياسات في ٢ أبريل ١٩٧٣ طلبة من كلية العمارة التابعة للجمعية المعمارية بلندن. جميع سرع الهواء والريح مقيسة بالأمتار لكل ثانية. (انظر ص ١٠٨).

وفي الشكل (٤٩) مقطع توضيحي في قاعة بيت محبّ الدين يوضّح طريقة عمل الملقف باعتباره جزءاً من نظام كامل للتكييف. وكما هو موضّح فالملقف عبارة عن مهوى عريض يرتفع عالياً فوق سقف الإيوان الشمالي. ومن أجل تدفق كمية معقولة من الهواء من خلال الملقف، يجب عمل مَهْرَب للرياح. أما فيما يتعلق بالمظلّة، فتزداد سرعة تدفق الهواء بزيادة سَحْب الهواء من خلال مَهْرَب أرياح بطريق الامتصاص. وتعتمد حركة الهواء في نظام تكييف المناخ هذا بشكل أساسي على وجود تباين في الضغط، وبشكل ثانوي على تأثير الحمل الذي يؤدي إلى التحسّس بأثر المدخنة (stack effect) وهذا ما سيُبحث بالتفصيل لاحقاً. يكون منسوب سقف الدور قاعة أعلى من مستوى مسقوف الإيوانات بكثير ويحتوي على نوافذ علوية مغطاة بمشربيّات توفّر إضاءة منتظمة ومناسبة، كما تعمل هذه النوافذ كمَهرَب للهواء، إذ يسمح الملقف الموجود في الإيوان الشمالي بدخول النسيم المعتدل البرودة القادم من جهة الشمال إلى داخل القاعة بفعل الضغط الهوائي المرتفع الذي تسبِّبه الرياح عند مدخل الملقف. وفي داخل الإيوان، يتحرك الهواء ببطء باتجاه الدور قاعة، ثم يرتفع إلى جزئها العلوي فيخرج من خلال المشربية. ويؤدي شكل سقف الدور قاعة إلى تسريع حركة الرياح التي تهب عليها من الخارج وذلك بحسب طريقة برنولي أو فنتوري، فيصبح ضغط الهواء في الخارج أقل منه في القاعة، فيهرب الهواء من منطقة الدور قاعة إلى الخارج ويستبدل بشكل مستمر بهواء من الداخل وبهذه الطريقة تكتمل دورة الهواء في القاعة.

ويوضّح الشكل (٤٩) نتائج قياسات معدل تدفق الهواء واتجاهاته التي قام بها طـلاب من مدرسـة العمارة التـابعة للجمعيـة المعماريـة (Architectural Association) بلندن، في الثاني من أبريل عام ١٩٧٣. وتؤكد هذه القياسات طريقة تدفق الهواء التي سبق شرحها. ويتناسب طول السهم المبيّن في الشكل وسرعة الهواء مقيسة بوحدة عدد الأمتار لكل ثانية.

لكن هذا الوصف ليس شاملاً لكل ما يجري في الواقع، فللحمل أثر

هـام في رفع الهـواء السـاخن بشكـل طبيعي إلى الجـزء العلوي من الدور قاعة. إذ تزداد سرعة حركة الهواء بزيادة تعرّض جزء القاعة العلوي المنبسط للشمس، فيسخن الهواء الكائن في الجزء العلوي منها باضطراد، ثم يرتفع بسرعة إلى الجزء العلوي من الدور قاعة، ويهرب في النهاية من خلال فتحات المشربية. لا يؤثر تسخن الهواء في الجزء العلوي من القاعة على الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري بسبب الارتفاع الكبير للسقف، بالإضافة إلى أن ذلك يؤدّي إلى سحب الهواء من الأسفل ومن الملقف، مما يساهم في حركة الهواء العامة. والحقيقة، أن ترتيب الفتحات هذه يحرّك الهواء في الداخل حتى لو كان في الخارج ساكناً. لذا، فمن المهم جداً أن يكون مكان القاعة في وسط المبنى وتُحاط بالحُجرات لحماية جوانبها من الحرّ الخارجي، وذلك لضمان أكبر قدر ممكن من التباين في درجة الحرارة بين جزئي القاعة، السفلي والعلوي، من أجل زيادة تحرّك الهواء.

وترجع فكرة الملقف إلى أزمنة تاريخية قديمة جداً، فقد استعملها المصريون القدماء في مساكن تل العمارنة وهي تظهر في رسومات جدارية في مقابر طيبـة (Thebes). ومن الأمثلة على ذلك مسكن نب آمـون (Neb-Amun) المرسوم على قبره، والذي ينتمي للسلالة التاسعة عشرة (١٣٠٠ ق.م)، وهو مبيّن في الشكل (٥٠). للملقف فتحتان: إحداهما مواجهة للريح والأخرى مدابرة من أجل تفريغ الهواء بفعل الامتصاص، ومن المثير رؤية المبدأ نفسه مطبقاً في التصميم العصري لمبنى مصنع في جامعة العلوم والتكنولوجيا في كوماسي (Kumasi) في غانا، كما هو مبين في الشكل (٥١)، حيث استخدم نظام من جسور بشكل حرف واي (Y) الإنجليزي، لتوجيه حركة الهواء.

ويمكن استخـدام الملقف في تصميم المباني العصـرية بـطريقة تُضفـي عليها جمالاً مثلما فعل المعماري بول رودلف (Paul Rudolf) في تصميمه لمبنى مدرسة العمارة بجامعة ييل، المبين في الشكل (٥٢). ويمكن استخدام بعض الأشكال التي استخدمها للتهوية كملاقف. وبهذه الطريقة يمكن استخدام بعض العناصر التقليدية الوظيفية الخاصة بالعمارة

الريفية لتجميل التصاميم المعمارية العصرية ذات الطابع التجريدي المكشوف.

وعند تصميم الملقف يجب على المصمِّم وضعه وتوجيه فتحته بمواجهة هبوب الرياح فقد يغيِّر المبنى الجديد الذي يحتوي على الملقف والمباني المجاورة له اتجاه حركة الرياح السائدة بشكل كبير. لذا فمن الواجب دراسة حركة تدفق الهواء على المبنى الجديد ضمن محيطه، وذلك للتأكد من صحة موضع الملقف، وكما يبيِّن الشكل (٥٣) يكون موضع الملقف في الجانب الأيسر من المبنى، وفي مواجهة الرياح، لاقتناص الهواء، في حين أن وضعه بالجانب الأيمن وبنفس الاتجاه يجعله مَهْرَباً للرياح بسبب الامتصاص الناجم عن أسلوب تدفق الهواء إلا في الحالة التي يعلو فيها الملقف كثيراً عن منطقة الضغط المنخفض.

ويعتمد حجم الملقف على درجة حرارة الهواء في الخارج. فإذا كانت درجة الحرارة عند مدخل الملقف متدنية وجب أن تكون مساحة مقطعه الأفقي كبيرة، أما عندما تكون درجة حرارة الهواء المحيط أعلى من الحدّ الأقصى للراحة المتعلقة بالمحيط الحراري فيصبح لزاماً أن تكون مساحة مقطعه الأفقي صغيرة شرط أن يتم تبريد الهواء المتدفق من خلال الملقف قبل السماح بانتشاره في داخل المبنى. ففي العراق، حيث ترتفع درجة الحرارة في فصل الصيف إلى ٤٥ س° (١١٣ ف°) يكون مَهْوَى الملقف عادة ضيقاً جداً، ويوضع في الجهة الشمالية وتكون فتحته صغيرة جداً وذلك للسماح للهواء بأن يبرد قبل تدفقه إلى الداخل، كما هو مبيَّن في الشكل (٥٤). وهذا يشبه منخر الإنسان الذي يتغيَّر فيه شكل فتحتيه فتكونان أصغر في الدول الباردة حتى لا يصل الهواء إلى الرئتين إلا بعد أن يدفأ باتصاله بالقصبة الهوائية التي تكون درجة حرارتها مساوية لدرجة حرارة الجسم.

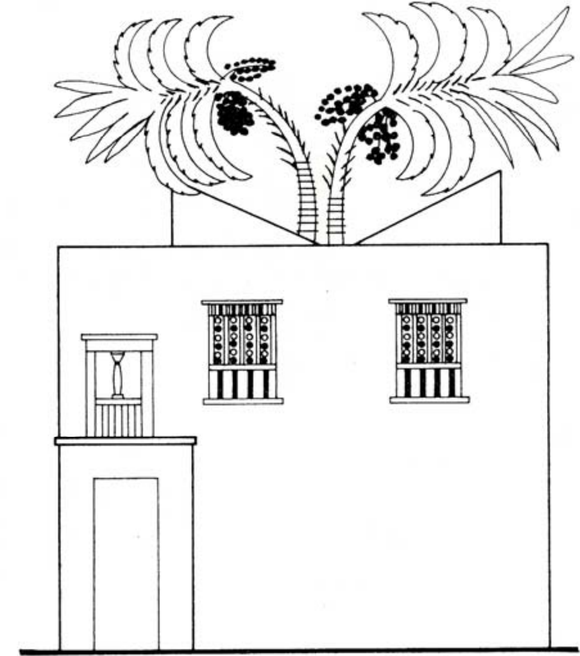
وفي مناطق النجف والكوفة بالعراق، حيث ترتفع الحرارة كثيراً في فصل الصيف، يعيش الناس في طوابق سفلية تحت الأرض مهوّاة بفتحات

صغيرة في السقف وملاقف ذات مداخل ضيقة جداً. ويوضِّح الشكل (٥٥) مسطحات ومقطعاً لأحد المساكن الذي يشتمل على طابق سفليّ، في تلك المنطقة. لكن هذا التصميم غير صحّي وقد يكون سبباً في الإصابة بأمراض الرئة بسبب قلّة تدفق الهواء، وضعف دورة الهواء.

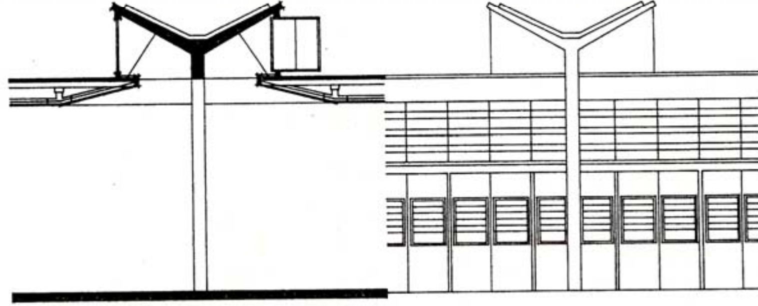
وفي بعض التصاميم يبرد الهواء الداخل من خلال الملقف بإمراره فوق مسطّح مائي في الطابق السفلي. لكن هذه الطريقة ليست بذات فاعلية تُذكر، لذا نحتاج إلى جهاز آخر لتبريد الهواء بالمعدل الذي يكون فيه تدفق الهواء كافياً لتوفير الشروط الصحية (hygiene) والراحة المتعلقة بالمحيط الحراري (thermal comfort).

ويمكن زيادة معدل تدفق الهواء وتوفير تبريد فعّال بزيادة حجم الملقف وتعليق حُصُر مبلَّلة بالماء في داخله. ففي العراق يعلّق الناس حُصُراً مبلَّلة تتدلّى على فتحات النوافذ من الخارج من أجل تبريد الهواء بفعل التبخّر. ويمكن استبدال الحُصُر بألواح رطبة من الفحم النباتي توضع بين صفيحتين من الشبك المعدني. ويمكن أن نزيد في سرعة التبخّر بالاستفادة من طريقة برنولي أو فنتوري، بوضع عوارض من ألواح من الفحم النباتي في داخل الملقف، كما هو مبيّن في الشكل (٥٦). إن تقليل الرياح التي تتدفق في داخل الملقف من ضغط الهواء تحت العوارض يزيد من تدفق الهواء ويزيد في سرعة التبخّر. كما يمكن استخدام صواني معدنية تُملأ بالفحم النباتي المبلَّل بدلاً من العوارض. وكما هو مبيّن في الشكل (٥٦) فإنه يمكن توجيه الهواء فوق سلسبيل (Salsabil) أو نافورة أو حوض من الماء الساكن لزيادة درجة رطوبته. وقد بحثت هذه العناصر في الفصل السابع. وتفيد العوارض أيضاً في تصفية الهواء من الغبار والرمال العالقة به.

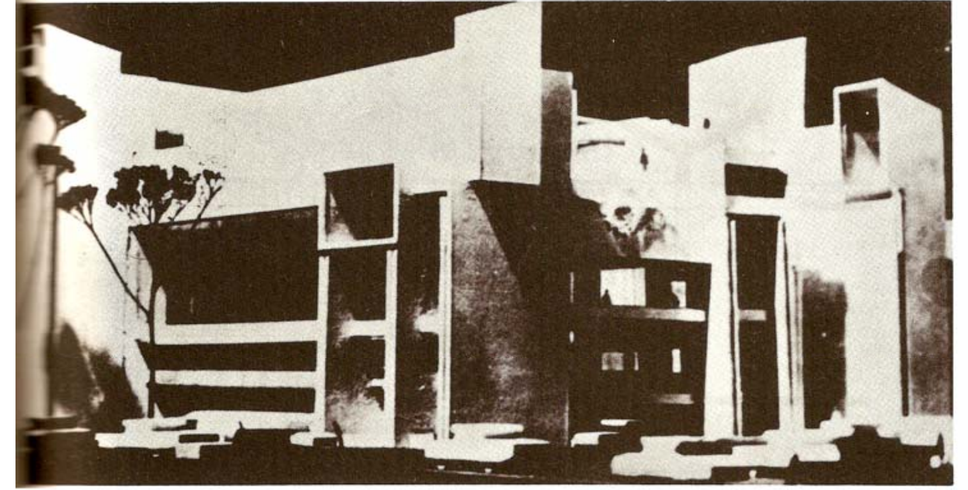
ويبيِّن الشكل (٥٧) أمثلة لمساكن من طراز تركي في القاهرة، يعود تاريخها للقرن التاسع عشر، وتحتوي على ملاقف ليس لها مهوى وضعت فوق السقف مباشرة لإمرار الهواء إلى داخل الحجرة.



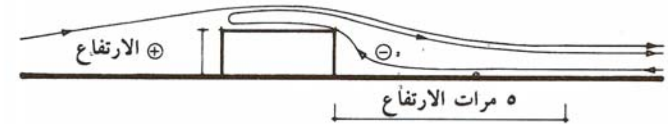
الشكل (٥٠) : ملقف بيت نب ـ آمون (Neb-Amun) الفرعوني، مأخوذ من أحد الرسومات على قبره. وهو ينتمي للسلالة التاسعة عشرة (١٣٠٠ ق.م.). انظر ص ١١٠).



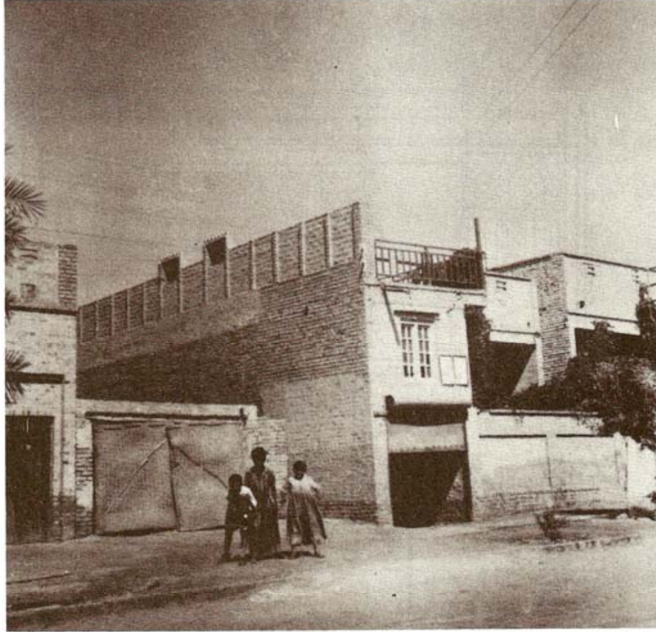
الشكل (٥١) : ورشة في جامعة العلوم والتكنولوجيا في كوماسي بغانا مبيناً كيفية توجيه تدفق الهواء خلال الكمرات بشكل حرف واي (Y) وذلك خلال منطقة العمل. (انظر ص ١١٠).



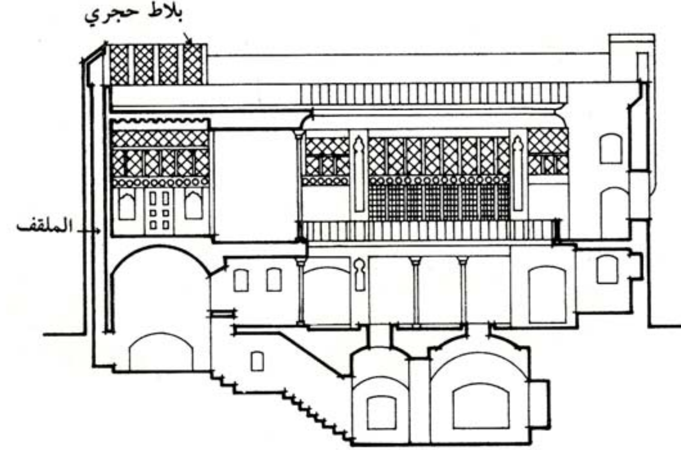
الشكل (٥٢) : مبنى كلية العمارة في جامعة ييل (Yale) من تصميم بول رودلف (Paul Rudolf) مبيناً إمكانية استخدام أشكـال الملقف في المباني بتصميم حديث. (انظر ص ١١٠).

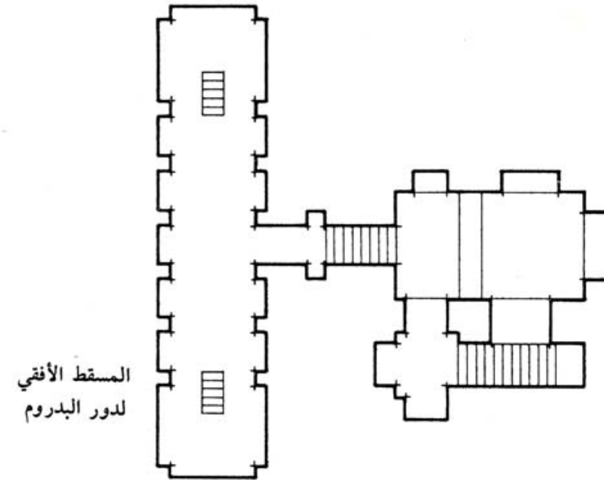


الشكل (٥٣) : نمط تدفق الهواء وتباين الضغط لمبنى في مواجهة الريح. (انظر ص ١١١).

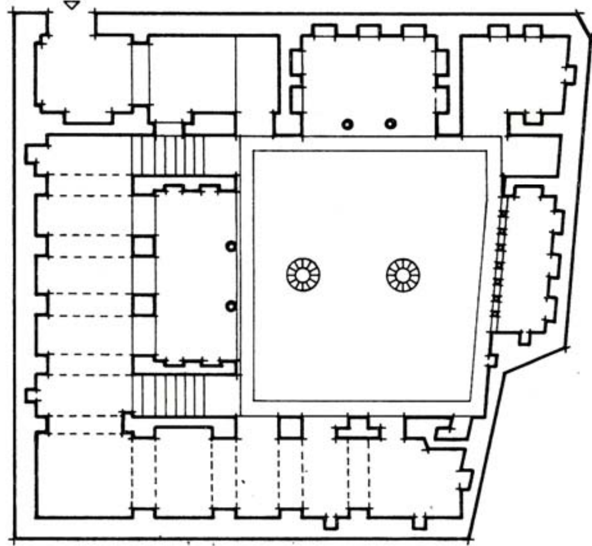


الشكل (٥٤) : منزل في بغداد بالعراق وتظهر فتحتا ملقف صغيرتان عالياً فوق جانب المبنى ويشيع وجود هذه الفتحات في الأقاليم ذات الفصول الحارة جداً. (انظر ص ١١١).



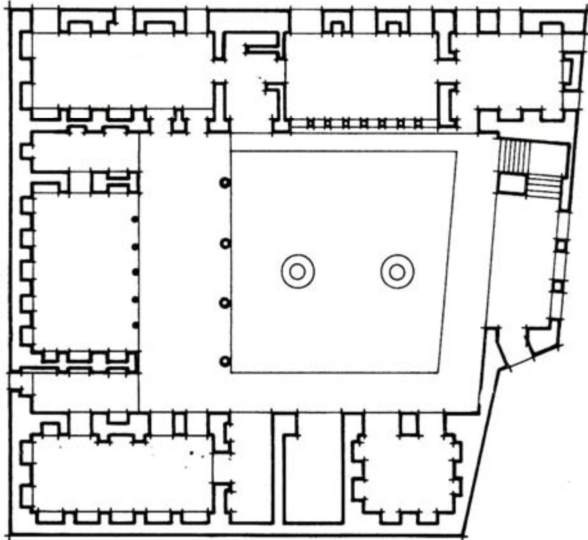


المسقط الأفقي
لدور البدروم



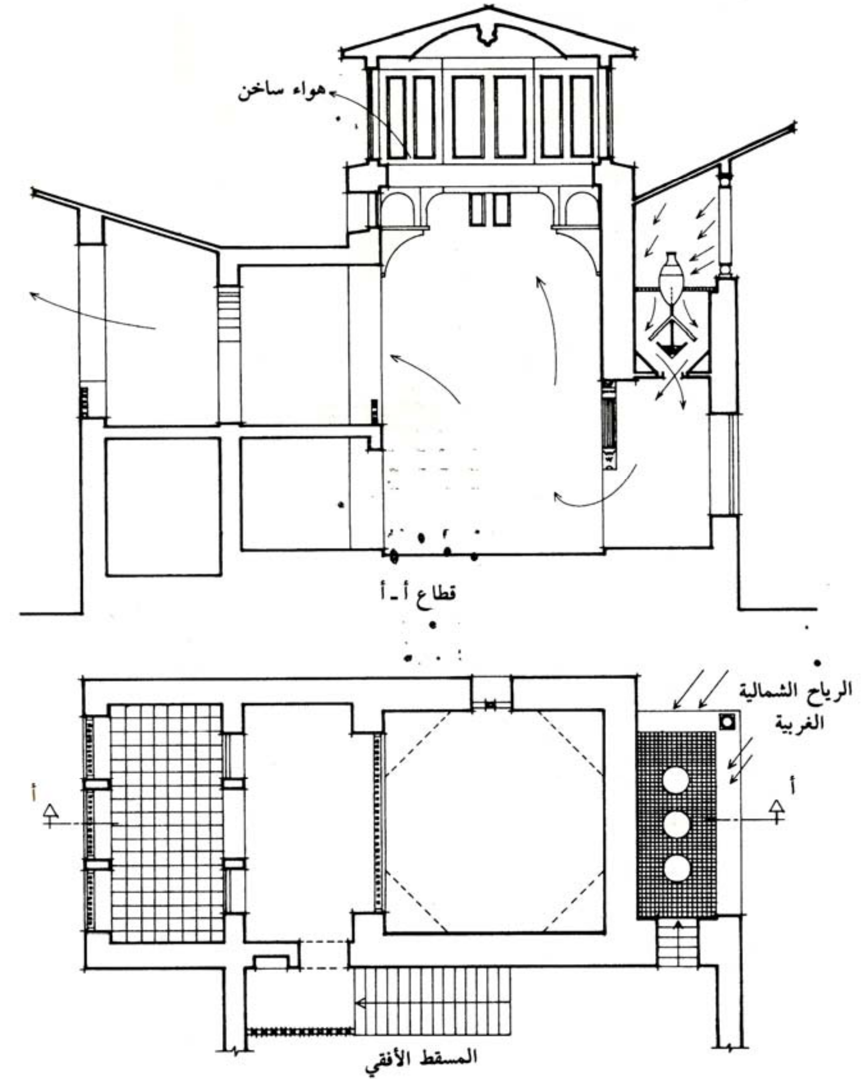
المسقط الأفقي للدور الأرضي

متر ١٠ ٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ صفر

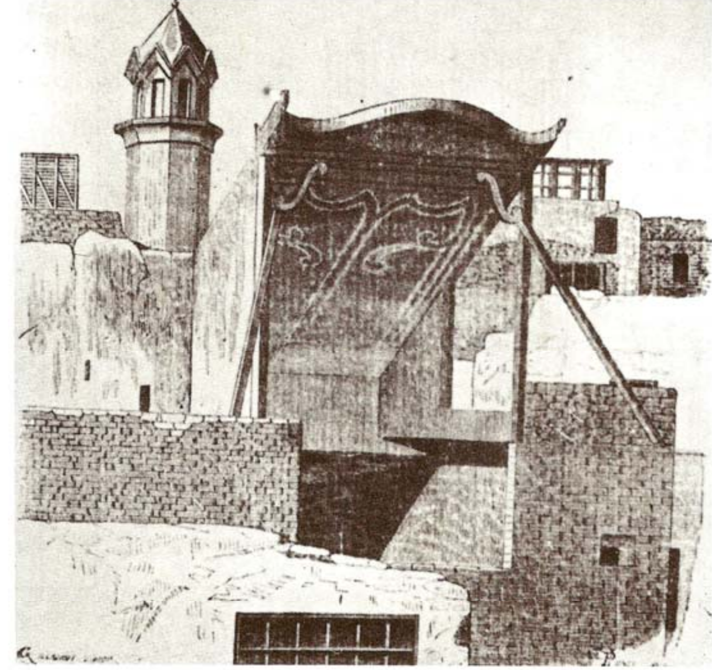


المسقط الأفقي للدور العلوي

الشكل (٥٥) : مساقط أفقية وقطاع في مسكن فيه غرفة المعيشة تقع في طابق سفلي تحت الأرض في الكوفة بالعراق وفيه ملقف وفتحات للتهـوية في سقفه. (انظر ص ١١١).



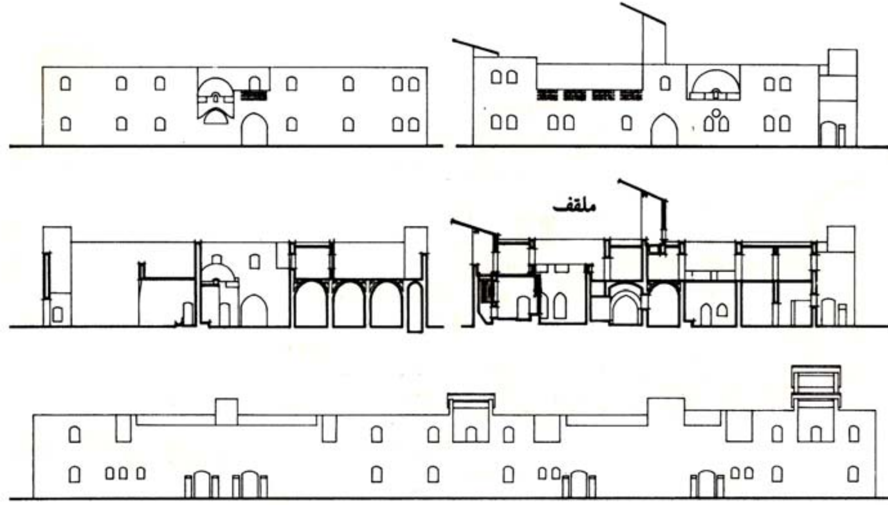
الشكل (٥٦) : ملقف ذو عوارض مرطبة ومخرج للرياح من تصميم حسن فتحي.
(انظر ص ١١٢).

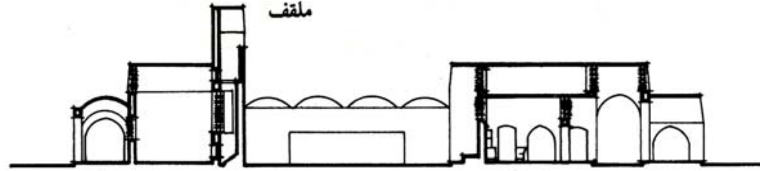


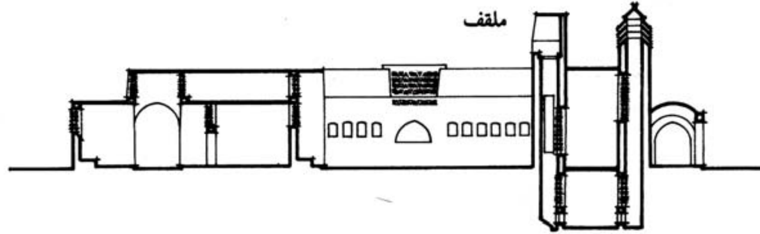
الشكل (٥٧) : (فوق) ملقف تركي الطراز بالقاهرة. (انظر ص ١١٢).

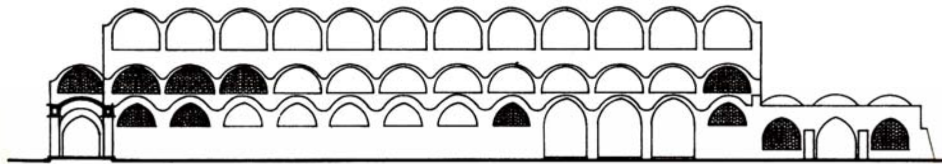
الشكل (٥٨) : بالصفحة المقابلة (فوق) مقاطع وواجهات لمساكن تم تصميمها وتخطيطها لقرية باريس بالواحات الخارجة، بمصر، مبيناً استخدام الملقف على نطاق المجاورة السكنية بأكملها. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١١٢).

الشكل (٥٩): بالصفحة المقابلة (تحت) مقاطع وواجهات للسوق المصمم والمخطط لقرية باريس في الواحات الخارجة بمصر تظهر طريقة استعمال الملقف. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١١٢).



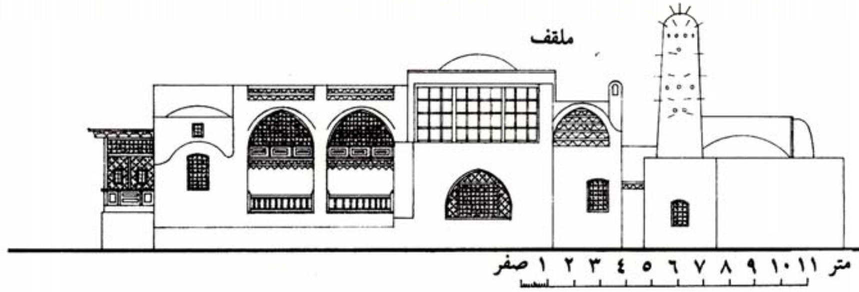




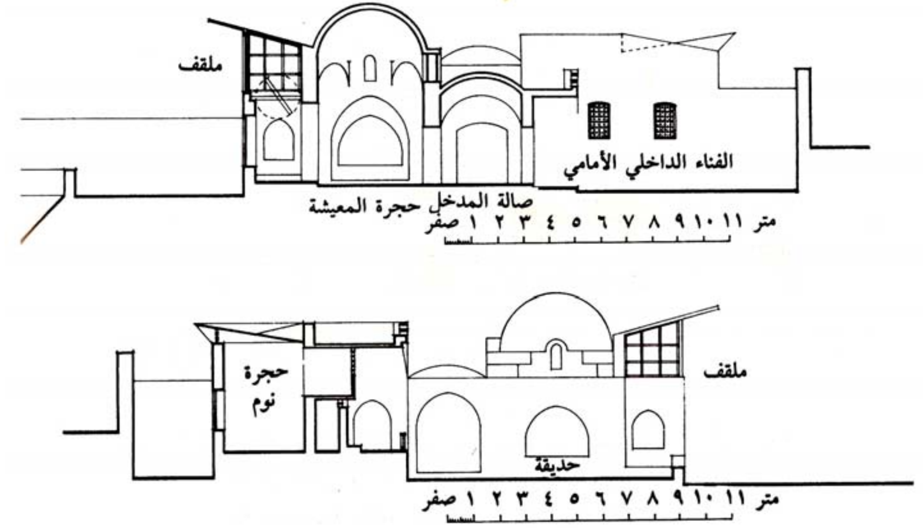




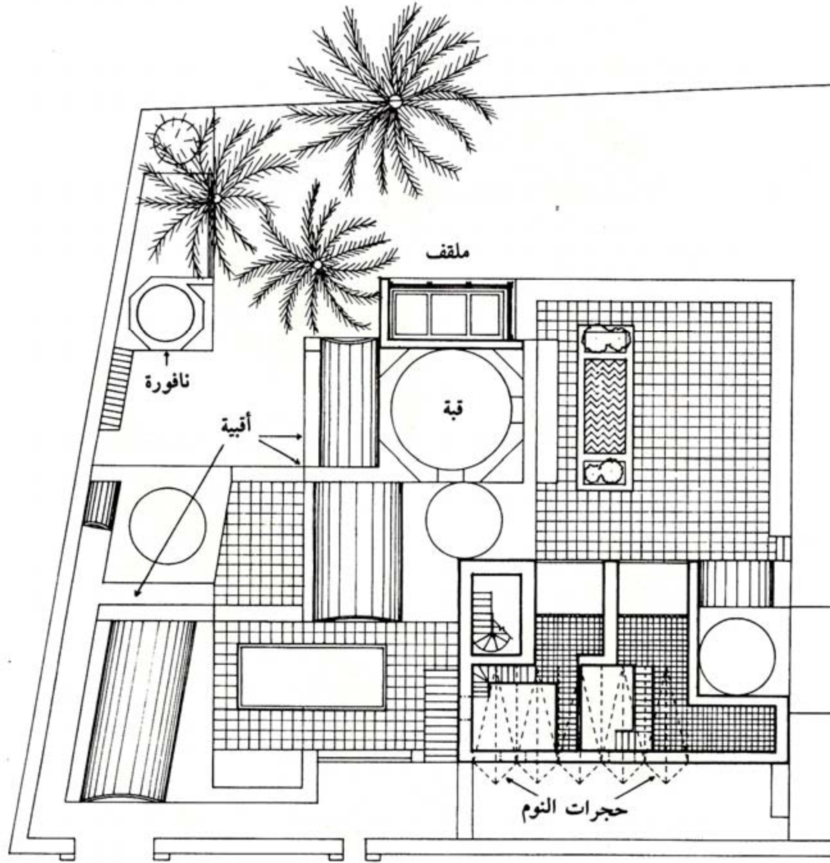
الشكل (٦٠) : مقطع في دار (فيللا) حديثة صممت في المملكة العربية السعودية مبيناً استخدام الملقف. هذا المقطع ذو اتجاه يعد عكس المقطع المبين في الشكل (٣١). ويمكن رؤية القاعة التي يبلغ ارتفاعها ١٣ م (٤٣ قدماً) في الرسم. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١١٢).



الشكل (٦١) : واجهة منزل فؤاد رياض الذي أنشىء في الستينات بالقاهرة، مبيناً فتحة مدخل الهواء في الملقف الواقعة أسفل القبة مباشرة. والبرج عبارة عن «برج للحمام» (Pigeon roost). (انظر ص ١١٢).



الشكل (٦٢) : مقاطع في منزل فؤاد رياض مبينة الملقف. (انظر ص ١١٢).



الشكل (٦٣) : مسقط أفقي لسقف منزل فؤاد رياض بالقاهرة، مبيناً الملقف، والقبة، والأقبية، والنافورة وذلك بجانب مسقط أفقي مقطعي تفصيلي. (انظر ص ١١٢).

ويبيّن الشكلان (٥٨، ٥٩) تصميماً لمنطقة سكنية في واحة باريس، بمصر، يتضح منه كيف يمكن استخدام مبدأ الملقف في التصاميم المعمارية العصرية. ومن الأمثلة الحديثة على استعمال الملقف تصميم لمنزل كبير في المملكة العربية السعودية، وهو موضّح في الشكل (٦٠). وكذلك، منزل فؤاد رياض بالقاهرة المبيّن بشكل تفصيلي في الأشكال (٦١ - ٦٣).

البادجير The Badgir

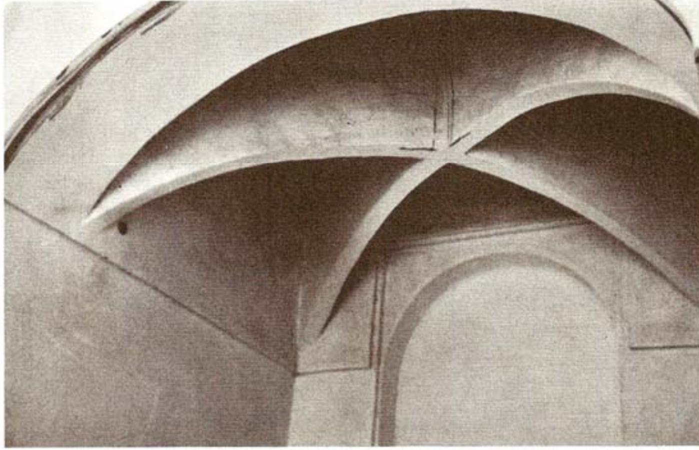
في إيران ودول الخليج العربي تمّ تطوير ملقف من نوع خاص يسمى البادجير. وللبادجير مَهْوَى (shaft) مفتوح من أعلاه على أربع جهات، وأحياناً على اثنتين فقط، وبداخله قاطعان متعامدان بشكل مورروب (diagonally) على ارتفاع المَهْوَى بكامله وذلك لاقتناص الهواء من أيّ اتجاه يهب منه. ويمتد المَهْوَى إلى أسفل بالقدر اللازم لوصول الهواء إلى الجالس أو النائم في داخل الحجرة. وتوضّح الأشكال (٦٤ - ٦٦) بالتفصيل، مثالاً من دُبَيْ بالإمارات العربية المتحدة. ويصنع البادجير عادة بطريقة توفر له منظراً جميلاً، كما يوضّح ذلك الشكل (٦٧). وبالإضافة إلى وظيفته في التهوية، يمكن استخدام البادجير في مجموعات من اثنتين إلى أربع لتبريد خزانات المياه الكائنة تحت الأرض. كما هو مبيّن في الشكل (٦٨).

ومن المزايا الكبيرة للملقف والبادجير أنهما يحلّان معضلة حجب المباني للرياح بعضها عن بعض حين وضع التخطيط المتّبع لإحدى المدن. وقد حاولت مراكز أبحاث عديدة إيجاد التوزيع الأفضل لمجموعة المباني بحيث يحول دون حجبها للرياح عن بعضها. ولم ينجح أيّ تصميم في حلّ هذه المعضلة لأكثر من ست أو سبع بنايات. ومقابل ذلك قد يوفّر الملقف والبادجير حلاً فاعلاً للمعضلة وذلك نظراً لصغر حجميهما. وعند تصميم الملقف أو البادجير، يجب معرفة أسلوب

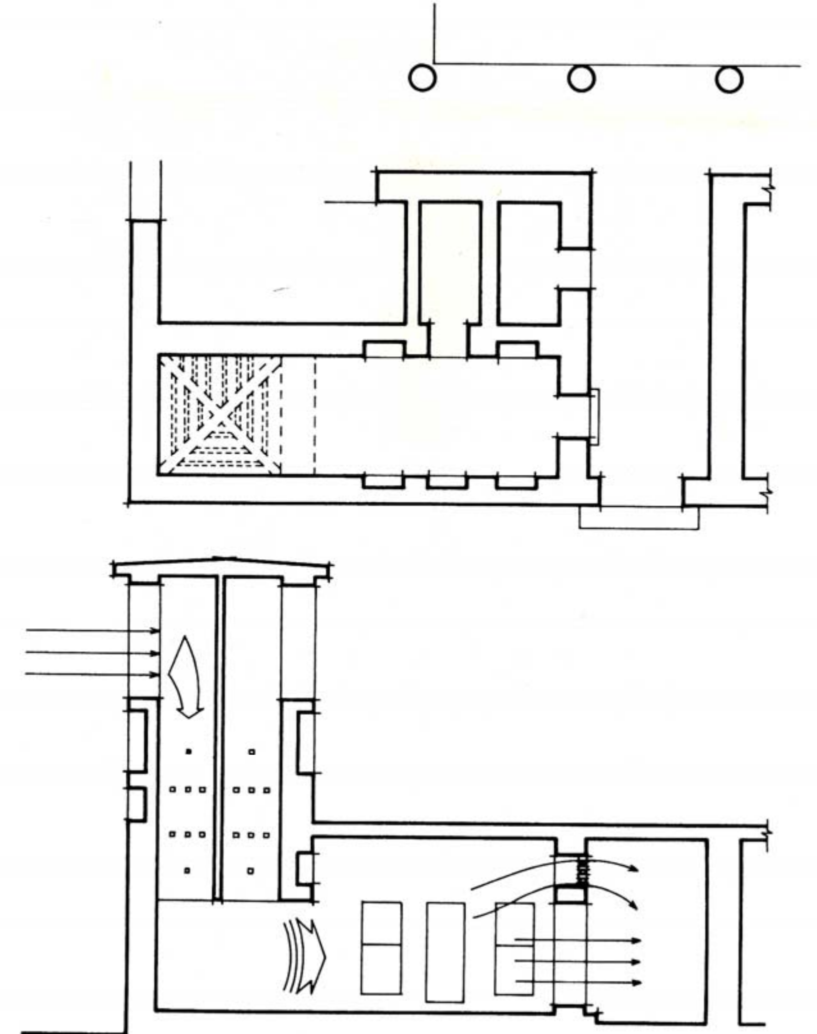
تدفق الهواء حول المسكن اعتماداً على مبادىء علم حركة الهواء، وذلك لتوجيه فتحة المدخل باتجاه تدفق الهواء. إذ تتكوّن عادة منطقة ضغط مرتفع في جانب المبنى المواجه للريح وأخرى ذات ضغط منخفض في الجانب المُدابر للريح، تمتد مسافة معينة خلف المبنى بحسب سرعة الرياح، كما هو مبين في الشكل (٥٣). وتقلّ تلك المسافة كلما ازدادت سرعة الريح، وذلك بسبب التيارات المعاكسة (eddies) التي تتكوّن في الجانب المواجه للريح فتقع الفوضى في أسلوب تدفق الهواء الانسيابي. أما عندما تكون سرعة الهواء اعتيادية فيمكن الافتراض بأن منطقة الضغط المنخفض تساوي خمسة أضعاف ارتفاع المبنى.



الشكل (٦٤) : برج بادجير في دبي في الإمارات العربية المتحدة.
(انظر ص ١١٣).



الشكل (٦٥) : فتحة خروج الهواء في البادجير المبين في الشكل (٦٤). ويمكن رؤية الحواجز القطرية المتقاطعة من داخل الحجرة. (انظر ص ١١٣).



الشكل (٦٦) : مسقط أفقي ومقطع في البادجير المبين في الشكلين (٦٤، ٦٥). (انظر ص ١١٣).



الشكل (٦٧) : استعمال البادجير كعنصر معماري زخرفي. (انظر ص ١١٣).



الشكل (٦٨) : أربعة من أبراج البادجير في يزد (Yazd) بإيران وهي كائنة فوق خزانات المياه الموجودة تحت الأرض لضمان التهوية والتبريد. ويظهر في الخلف بادجير أحد الأبنية البعيدة بين اثنين من السالفي الذكر. (انظر ص ١١٣).

الفصل السادس

أثر الشمس في حركة الهواء

The Sun Factor in Air Movement

إن توافر ظروف معينة يمكّن المعماري من صنع تصميمات جيدة يستطيع بها استخدام الشمس كقوة دافعة تحقّق حركة مستمرة للهواء. ويمكن تطبيق هذا الأسلوب الذي يعتمد على تيارات الحمل (convection) بشكل عام إذا كان مجموع المساحات المراد تصميمها كبيراً.

تحرّك الهواء بفعل الحمل

Air Movement by Convection

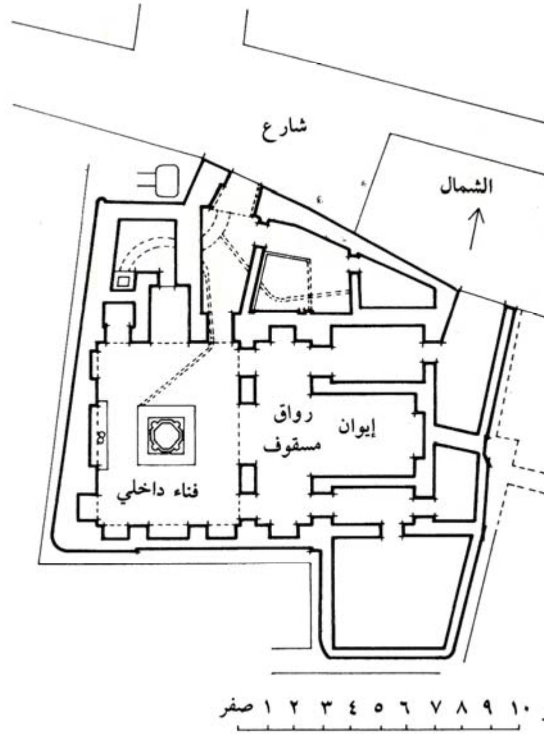
إن الهواء الدافىء أقلّ كثافة من الهواء المعتدل البرودة، ففي حال وجوده في محيطٍ من الهواء المعتدل البرودة فإنه يرتفع إلى أعلى وتدعى هذه الحركة بالحمل (convection). كما قد تؤدي إلى ما يدعى مفعول المدخنة (stack effect) فعندما يرتفع الهواء الدافىء يجب أن يستبدل بهواء أكثر برودة من محيطه. فإذا وجد مصدر للحرارة تحت جيب الهواء الدافىء، فإن الهواء الأبرد الذي حلّ مكانه سوف يسخن بدوره ويرتفع إلى أعلى. وباستعمال مصدر الحرارة المستمر تتولد حركة دائمة في الهواء. وقد تمت الإفادة من هذا الأثر في العمارة التقليدية لتوفير نسيم معتدل البرودة في مساحات صغيرة، وذلك باستخدام الأرض المسخنة بفعل أشعة الشمس كمصدر للحرارة. وإذا توافرت كمية كبيرة من الهواء المعتدل البرودة الذي لا تصله حرارة الشمس، فإن كل زيادة في تسخين الشمس للأرض لا بدّ أن تتبعها زيادة في قوّة النسيم.

البيت ذو الفناء الداخلي The Courtyard House

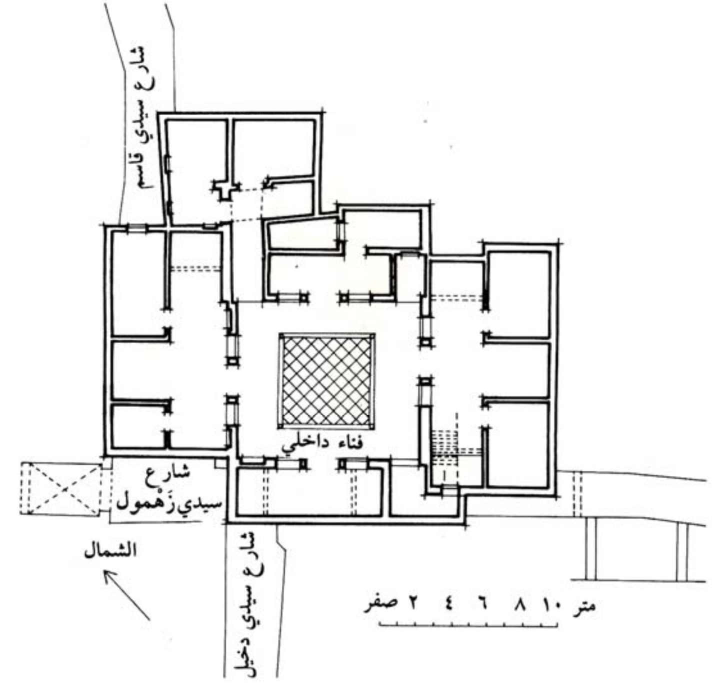
يمكن لنظام التبريد الساكن نسبياً والمستعمَل في البيت ذي الفناء أن يوفِّر أساساً لفهم التعديلات التي يمكن إدخالها على التصميم لتوليد حركة في الهواء بفعل الحمل. ففي المناطق الحارّة الجافة تهبط درجة الحرارة كثيراً بعد الغروب، وذلك بسبب إعادة إشعاع الأرض للحرارة إلى السماء في الليل. كما يكون الهواء خالياً نسبياً من بخار الماء الذي يمكن أن يعكس الإشعاع الحراري أو تحت الأحمر إلى الأرض ثانية، مثلما يحدث في المناطق الدافئة الرطبة. وقد وُظفت هذه الظاهرة في التصميم المعماري للبيوت باستخدام مفهوم الفناء من أجل توفير الراحة المثلى المتعلقة بالمحيط الحراري.

في مثل هذه المناطق تكون الطبيعة عند مستوى سطح الأرض قاسية، خاصة في الصحارى. وقد تعلّم الناس أن يغلقوا مساكنهم من الخارج ويفتحوها على أفنية داخلية يسمى واحدها صحناً (Sahn) ويكون مكشوفاً للسماء. يقلِّل هذا الوضع من درجة الحرارة بمقدار ١٠ ـ ٢٠ س° (١٨ ـ ٣٦ ف°) في الليل، ويمكن أن يفسّر لنا معنى الهلال بوصفه رمزاً للسماء في الليل لدى العرب وعلى الأخصّ لدى المسلمين، إلى حدِّ أنه يظهر في أعلام ثمانٍ من الدول ذات الغالبية المسلمة.

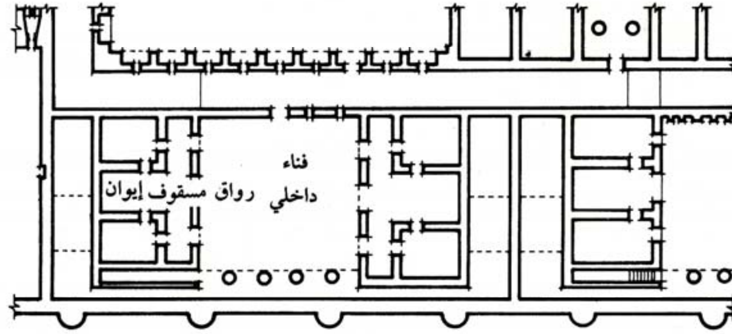
وبتقدّم المساء يبدأ هواء الفناء الدافىء الذي تسخنه الشمس مباشرة والأبنية بشكل غير مباشر بالتصاعد ويستبدل تدريجياً بهواء الليل المعتدل البرودة الآتي من الأعالي. ويتجمع الهواء المعتدل البرودة في الفناء في طبقات ثم ينساب إلى الحجرات المحيطة فيُبردها. وفي الصباح يبدأ كلّ من الهواء الذي تظلّله جدران الفناء الأربعة وهواء الحجرات المحيطة يسخنان تدريجياً وببطء ولكن برودتهما تظل معتدلة حتى وقت متأخر من النهار، حين تسطع الشمس مباشرة في داخل الفناء. ولا تدخل الرياح الدافئة التي تهب فوق البيت خلال النهار إلى الفناء، إلا إذا وُضعت عوارض لتغيير مسارها. ويقتصر تأثيرها على إحداث تيارات معاكسة في



الشكل (٦٩) : مسقط أفقي لمنزل بالفسطاط بالقاهرة، مبيناً الفناء الداخلي. (انظر ص ١١٧).



الشكل (٧٠) : مسقط أفقي لدار لجمي (Dar Lajimi) وهو منزل ذو فناء داخلي بتونس. (انظر ص ١١٧).



الشكل (٧١) : مسقط أفقي لقصر الأخيضر بالعراق مبيناً أحد الأفنية الداخلية وأحد الأروقة المسقوفة (loggia). (انظر ص ١١٧).

داخل الفناء. وبهذه الطريقة يعمل الفناء كخزّان للبرودة. وقد طبّق مفهوم الفناء عالمياً في الحضارة التقليدية في المناطق الحارّة الجافّة الممتدة من إيران شرقاً إلى شواطىء المحيط الأطلسي غرباً، وفي تصاميم السكن المدني والريفي إلى حدٍّ سواء. وتبيّن الأشكال (٦٩ ـ ٧١) أمثلة من مصر، وتونس والعراق على التوالي وبالترتيب. ويبيّن الشكل (٧٢) منظراً لفناء منزل السحيمي بالقاهرة موضّحاً الأجواء اللطيفة التي يمكن توفيرها في داخل الفناء وتوزيع الفراغ المحيط بالحجرات والتي تظهر بعض نوافذها وقد غطّتها المشربيات.

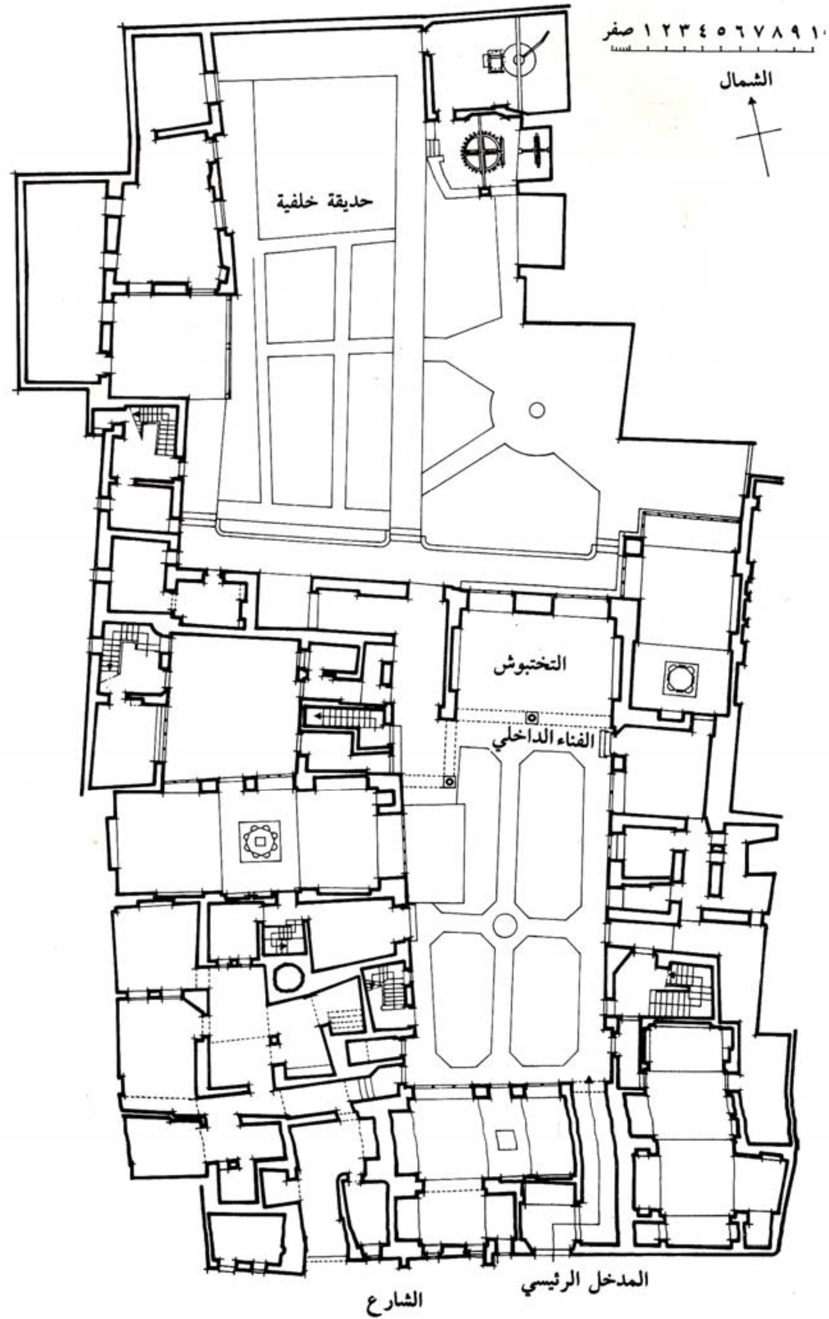
التختبوش The Takhtabush

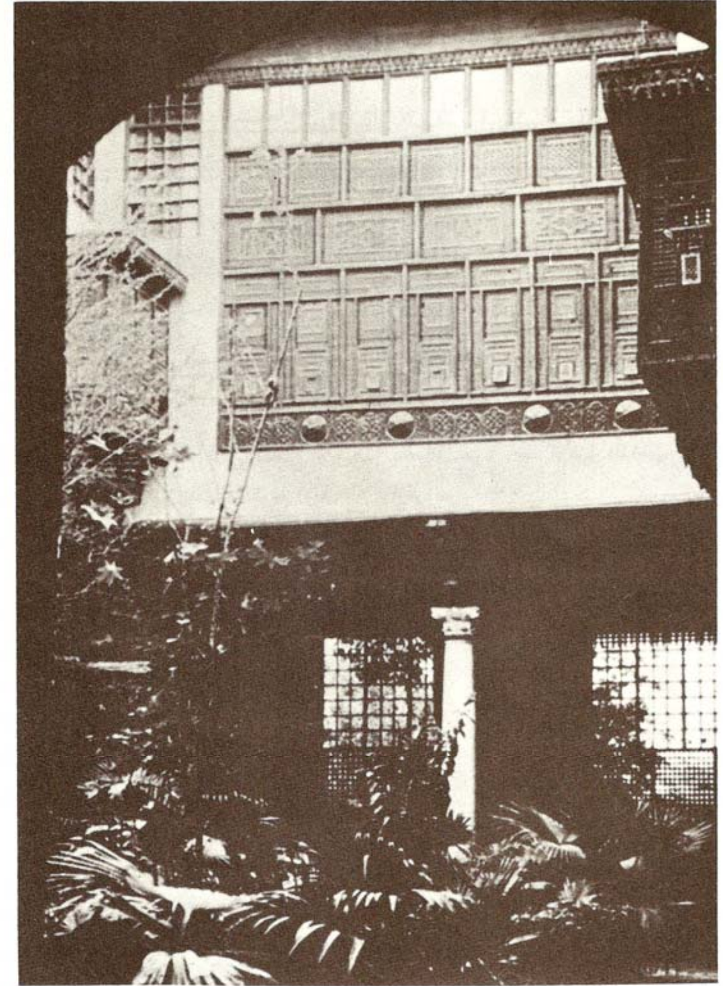
لقد أُدخلت بعض التعديلات على مفهوم الفناء لضمان تدفق الهواء بفعل الحمام بانتظام. ويوجـد في هندسة البيت العربي الريفي عنصر يدعى التختبوش، شبيه بالرواق (loggia). وهو عبارة عن مساحة أرضية خارجية مسقوفة تستعمل للجلوس، وتقع بين الفناء الداخلي والحديقة الخلفية. وهي تطلّ برمّتها على الفناء الداخلي وتتصل من خلال المشربية بالحديقة الخلفية. وبما أن مساحة الحديقة الخلفية أكبر من الفناء، وبالتالي أكثر تعرّضاً لأشعة الشمس، لذلك يسخن الهواء بسرعة فيرتفع إلى أعلى، مما يدفع الهواء المعتدل البرودة إلى التحرّك من الفناء إلى الحديقة الخلفية مروراً بالتختبوش، مؤدياً إلى تكوّن نسيم معتدل البرودة. ومن الأمثلة على ذلك: منزل السحيمي، وقاعة محبّ الدين الشافعي الموقي بالقاهرة اللذان يظهرهما الشكلان رقم (٧٣ و ٧٤) كما يوجد توزيع مماثل في التابلينم (Tablinum) بمساكن الرّومان القديمة في بومبي (Pompeii).

ويمكن توظيف هذا المفهوم في تخطيط القرى أو المناطق السكنية التي لا تدخلها السيارات، وذلك لتوفير مكان معتدل البرودة وملائم لتجمّع

---

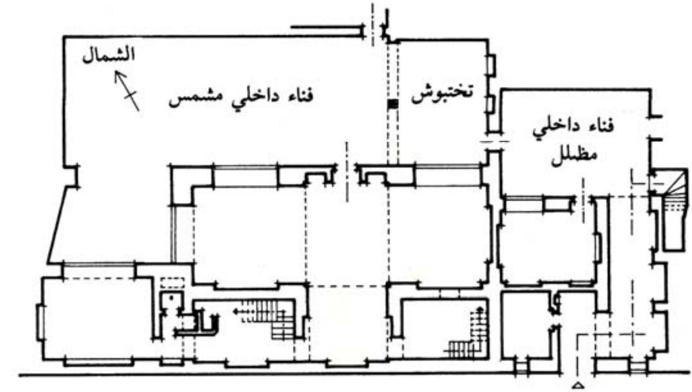
٢ ـ دانيال دنهام. «البيت ذو الفناء الداخلي كمنظِّم للحرارة»، نيو سانيتيست (٨ سبتمبر: ١٩٦٠) ص ص: ٦٥٩ ـ ٦٦٦.



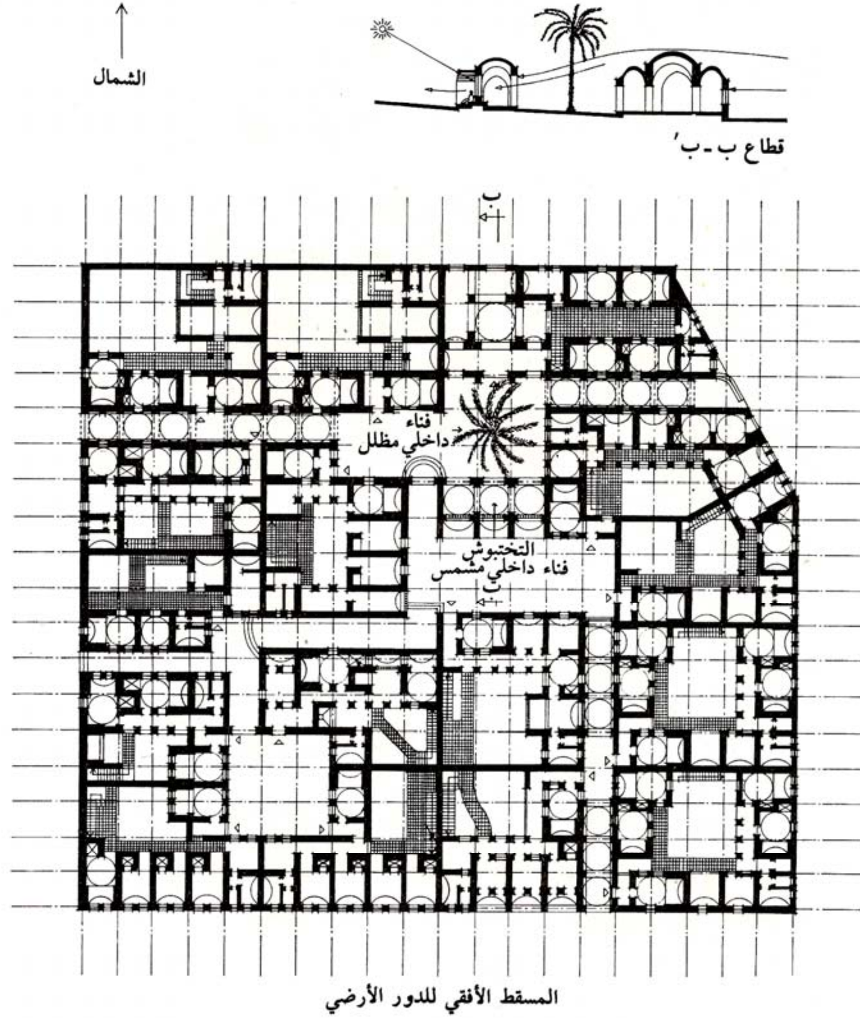


الشكل (٧٢) : منظر لبيت السحيمي بالقاهرة، مبيناً الفناء الداخلي وما يحيط به من حجرات ذات فتحات مغطاة بالمشربيات. الفراغ الواقع خلف العمود هو التختبوش. (انظر ص ١١٧).

الشكل (٧٣) : (بالصفحة المقابلة) مسقط أفقي لبيت السحيمي في الدرب الأصفر بالقاهرة، مبيناً الفناء الداخلي والتختبوش والحديقة الخلفية.



الشكل (٧٤) : مسقط أفقي للدور الأرضي لقاعة محب الدين الشافعي الموقي في درب الأسطة بالقاهرة، مبيناً فنائين داخليين وبينهما تختبوش. (انظر ص ١١٧).



الشكل (٧٥) : مسقط أفقي لجزء من قرية باريس في الواحات الخارجة بمصر، مبيناً تختبوشاً واقعاً بين فناء داخلي مظلل وفناء داخلي مشمس. تصميم حسن فتحي. (انظر ص ١١٨).

السكان. يمكن تحقيق هذا الأمر بوضع التختبوش بين مساحتين إحداهما أكبر من الأخرى، بحيث تكون الكبرى في الجانب المدابر للريح، لكي يساهم تباين الضغط الناجم عن حركة الرياح في خلق التيارات الهوائية. وقد تمّ تنفيذ تصميم مشابه في قرية باريس بمصر كما هو مبيّن في الشكل (٧٥).

يتجمع سكان القرية أو المنطقة السكنية غالباً في أماكن معينة ملائمة لهم، إضافة إلى الحدائق العامة التي تكوّنت بشكل عفوي نتيجة لطريقة توزيع المباني في بقعة معينة شاءت الأقدار أن يكون توجيه بعض هذه الأماكن مناسباً لاستقبال ضوء الشمس، ويوفّر وقاية من الرياح، فأصبحت أماكن يفضلها المعمِّرون في فصل الشتاء عن غيرها. وهناك أماكن أخرى مظلّلة وبها عناصر كالتختبوش توفّر حركة الهواء المطلوبة، فتكون مفضّلة في فصل الصيف. لذا فمن المهم أن يلاحظ المعماري هذه الحاجة ويسعى لتوفير أماكن عامة مناسبة اعتماداً على الفهم العلمي الصحيح لطبيعة الموقف، فيُعيد للمدينة وضعها الإنساني ومنظرها البهيّ.

التخطيط التقليدي للمدينة وعلاقته بالمناخ
Traditional City Layout and Climate

لا شك أن المناخ عامل مسيطر في التخطيط التقليدي للمدينة، لذا يلاحظ وجود انتظام في النسيج الحضري في كلّ المناطق الحارّة الجافة. ويتميز تخطيط المدينة التقليدي في تلك المناطق بمظهرين اثنين: (١) الشوارع الضيقة، (٢) الأفنية الواسعة المكشوفة والحدائق الداخلية.

ويطغى على الشكل العام لمخطط المدينة في العادة، وجود أفنية واسعة تعمل كخزّانات للهواء النقي المعتدل البرودة، كما يرى في أمثلة من مراكش بالمغرب، وتونس بتونس، ودمشق بسوريا وهي موضّحة في الأشكال (٧٦ - ٧٨) على التوالي وبالترتيب. ومن النظرة الأولى يتضح أن هذا الترتيب أفضل بكثير من التنظيم الشبكي المتعامد ذي الشوارع

العريضة (wide boulevards) لمدينة واشنطن، المبيّن في الشكل (٧٩)، والذي يتخذ دائماً كنموذج مثالي لتخطيط المدن في كلّ المناطق بما في ذلك المناطق الحارّة الجافة. تقوم الشوارع الضيقة المتعرّجة التي تنفتح على مجازات (vistas) ذات نهايات منغلقة بالوظيفة ذاتها التي تقوم بها الأفنية، فهي تخزّن الهواء المعتدل البرودة في الليل، وتمنع تسرّبه مع أول هبوب للريح. وهذا ما قد يحدث في حالة التخطيط الشبكي ذي الشوارع العريضة. بيد أن الحكم على هذا الأمر يتطلب مقارنة شاملة بين هذين المفهومين التصميميين مبنيّة على قياسات دقيقة للأفنية المكشوفة والحدائق الداخلية والشوارع والساحات الخارجية، وما يتعلق بكلٍّ منها من حيث درجة الحرارة ونوعية الهواء (air quality).

ورغم أن التخطيط التقليدي لا يستوعب بحركة السيارات، إلا أن هناك حلولاً عدّة لهذه المعضلة. فيمكن مثلاً إحاطة المنطقة السكنية بطريق دائري (ring road) للسيارات تتفرع منه شوارع داخلية بنهايات مغلقة (cul-de-sac) وفق مخطط راديبرن (Radburn plan)[١]. ومن الحلول الأخرى، مفهوم الدينوبولس (dynopolis)[٢] الذي اقترحه دوكسيادس (Doxiadis)، والذي يطرح فكرة الحفاظ على التخطيط التقليدي المميّز (characteristic traditional layout) في داخل الحيّ السكني.

أما في حال استخدام التخطيط الشبكي المتعامد للمدينة فإن تأثير الأبنية المحتشدة في وسط المدينة على حركة الرياح فيه يؤدّي إلى تكوّن تيارات دوّامة ويؤدّي احتكاك الرياح بالأبنية إلى خفض سرعة الريح وتغيير اتجاهاتها. وقد أظهرت الأبحاث في جمهورية ألمانيا الاتحادية أن متوسط سرعة الريح انخفض من ٥,١ إلى ٣,١ م / ث (١٦,٧ إلى ١٠,٠ قدم / ث) في إحدى المدن الألمانية نتيجة لتضخم حجمها وتوسعها. وفي

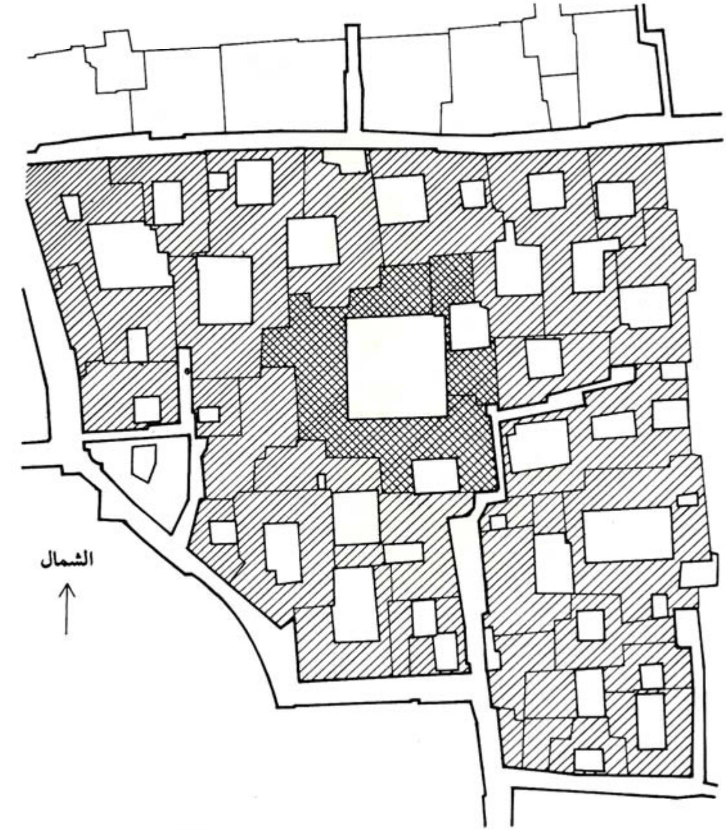
١ - كلارنس شتاين، **نحو مدن جديدة لأمريكا**، نيويورك: داينهولد للنشر، ١٩٥٧.
٢ - قسطنطين أ. دوكسيادس، إيكستكس: مقدمة لعلم المستوطنات البشرية، نيويورك: مطبعة جامعة أكسفورد، ١٩٦٨.

الشمال

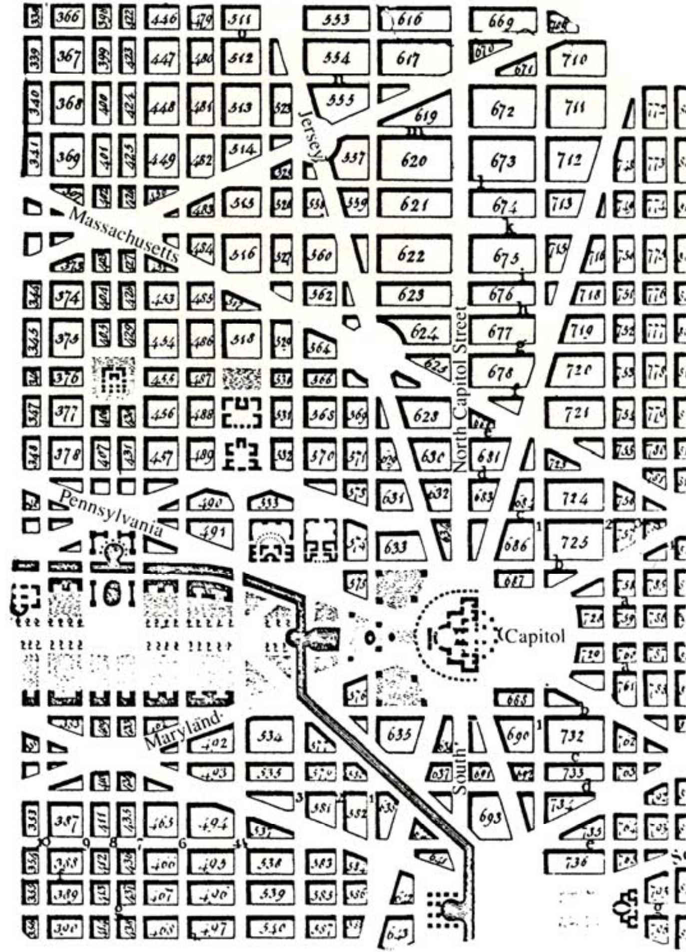
متر ٥٠ ٤٠ ٣٠ ٢٠ ١٠ صفر

الشكل (٧٦) : (بالصفحة المقابلة) جزء من مخطط مدينة مراكش يظهر وفرة الأفنية الداخلية. (انظر ص ١١٨).

الشكل (٧٧) : (فوق) جزء من مخطط مدينة تونس الواقع قرب دار لجمي مبيناً الأفنية الداخلية. (انظر ص ١١٨).



الشكل (٧٨) : جزء من مخطط مدينة دمشق تظهر فيه الأفنية في صورة مساحات بيضاء خالية من الخطوط المائلة. (انظر ص ١١٨).



الشكل (٧٩) : جزء من مخطط مدينة واشنطن مبيناً النمط الشبكي المتعامد. (انظر ص ١١٨).

ديترويت (Detroit) بميتشيغان انخفضت سرعة الريح من ٦,٥ إلى ٣,٨ م / ث (٢١,٣ إلى ١٢,٥ قدم / ث) خلال عشرين عاماً. وفي شتوتغارت (Stuttgart) بألمانيا الغربية ازداد عدد الأيام التي تكون فيها الريح ساكنة من ١ ٪ عام ١٨٩٤ إلى ٢٠ ٪ عام ١٩٢٣. واستناداً إلى ذلك، يمكن الاستنتاج بأنه كلما تقاربت المباني في مساحة أصغر كلما انخفضت سرعة الريح بشكل ملحوظ. وتؤثر في الريح التي تهب فوق المدينة عوامل ثلاثة: (١) الرياح العالية (high winds)، (٢) الرياح الناجمة عن ظروف المناخ الموضعي. وتتأثر بالشكل العام للمدينة وطبغرافيتها (topography)، (٣) حركة الرياح التي تسبِّبها المدينة نفسها.

وبما أن عملية التسخين الشمسي تكون عند أوجها في وسط المدينة، فإن الهواء الساخن يرتفع في هذا الجزء بالحمل، ويستبدل بهواء من أجزاء أخرى من المدينة. وعندما يكون تخطيط المدينة شبكياً متعامداً ذا شوارع مستقيمة عريضة، يتجمع الهواء الساخن المُحَمّل بالغبار والغازات التي تفرزها عادمات السيارات من المناطق بالمحيطة والصناعية، ويشكّل قبّة من الهواء الملوّث فوق قلب المدينة. ويمكن رصد هذه الظاهرة ليلاً بمراقبة انعكاسات أضواء المدينة على جزئيات الغبار العالقة في الهواء والتي تتلوّن بألوان لوحات الإعلانات المضاءة. أما إذا اضطر المعماري إلى اتّباع أسلوب التخطيط الشبكي المتعامد ذي الجادّات العريضة المشجّرة، فمن الضروري توفير مساحات خضراء كافية في كلّ مناطق المدينة من أجل توزيع الحرارة على كامل أجزاء المدينة، وتجنّب تركّزها في وسط المدينة.

الفصل السابع

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ وَأَنزَلْنَا مِنَ ٱلسَّمَآءِ مَآءًۢ بِقَدَرٍ فَأَسْكَنَّٰهُ فِى ٱلْأَرْضِ ۖ وَإِنَّا عَلَىٰ ذَهَابٍۭ بِهِۦ لَقَٰدِرُونَ ﴾ [المؤمنون: ١٨].

أثر الرطوبة
The Humidity Factor

الماء في الأراضي الصحراوية شحيح. لذا يقدّر سكان المناطق الحارّة الجافّة قيمته ويحاولون دائماً إطالة بقائهم قربه قدر الإمكان. وبالإضافة إلى أثره الحسيّ المنعش، فقد كان له دائماً أثر نفساني يبعث على السرور. ثم إن الماء مهم جداً لزيادة الرطوبة، مما يساهم في توفير شروط الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري في البلاد الحارّة الجافة.

وتلعب النافورة في البيت العربي دوراً هاماً يعادل دور المدفأة في المناطق المعتدلة، رغم أن إحداهما تستخدم للتبريد والأخرى للتدفئة. ولهذا السبب تعدُّ النافورة مظهراً معمارياً له مكانة خاصة في تصميم المسكن.

النافورة (الفسقية) The Fountain

كانت النافورة في البيت العربي توضع في وسط الفناء بحيث تطل عليها الإيوانات وقاعات الجلوس. وكان للنافورة دائماً شكل رمزي (symbolic form) يتكوّن من مربع محيطه الداخلي ثمانيّ أو سداسيّ الشكل. ويظهر ذلك في مطال من أحد البيوت التقليدية بالقاهرة، مبيّن في

الشكل (٨٠). وتكون المساحات المثلثة التي تتكون عند زوايا المربع مفرّغة من الداخل على شكل نصف دائري بحيث يصبح شكل الحوض من الداخل مماثلاً للشكل الذي يتكوّن عند وضع قبة فوق مقرنصات. ويرمز بهذا الشكل لقبّة السماء، كما هو مبيّن في الشكل (٨١). وهكذا تقترب السماء الحقيقية من الإيوانات بتمثيل صورة رمزية لها في حوض المياه.

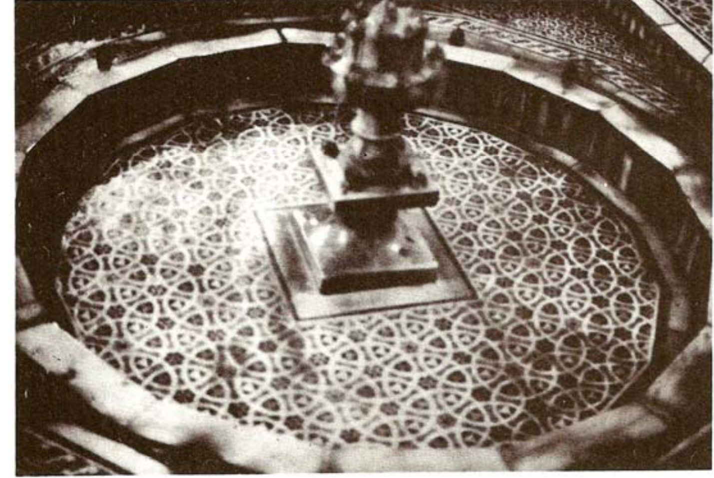
وبتطور البيت العربي تحوّل مفهوم الفناء ذي الإيوانات إلى مفهوم القاعة الذي يتكوّن من: الدور قاعة، وهي عبارة عن فناء مسقوف، والإيوانات المحيطة بها والمطلّة عليها. وتحتل النافورة في هذا التصميم مركزاً متوسطاً، بحيث يقصد إلى إظهار عنصر الماء على أجمل صورة ممكنة يمتزج به الهواء ويزداد ترطيباً.

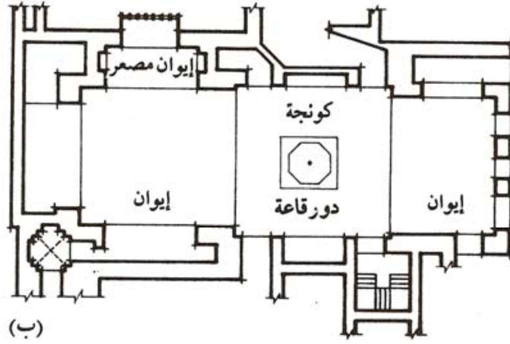
السلسبيل The Salsabil

وفي حال انخفاض الضغط بحيث لا يكون كافياً لدفع المياه من رأس النافورة، يلجأ المعماريون دائماً إلى استبدال النافورة بالسلسبيل، وهو عبارة عن لوح رخامي متموّج المظهر (wavy pattern) مستوحى من حركة الماء أو الريح. يوضع اللوح داخل كوّة من الجدار المقابل للإيوان أو موضع الجلوس. ويكون اللوح مائلاً، كما في الشكل رقم (٨٢) للسماح للماء بأن يتقطّر فوق سطحه لتسهيل عملية التبخّر وزيادة رطوبة الهواء هناك. تنساب المياه بعد ذلك في مجرى رخامي، حتى تصل إلى موضع النافورة في وسط الدور قاعة. ويمكن اعتبار السلسبيل نافورة نُزعت من منبعها، وهذا يعتبر دليلاً على مرونة التفكير وحرية الابتكار لدى المعماري مما يؤهله لإظهار قدراته الإبداعية والتعبير عن حسّه المرهف العميق. وبالنظر إلى المثالين في الشكلين (٨٣، ٨٤) يمكن القول بأنهما دليلان حقيقيان على صحة مقولة الشاعر الألماني غوته (Goethe): «العمارة هي موسيقى صامتة». (Architecture is frozen music).

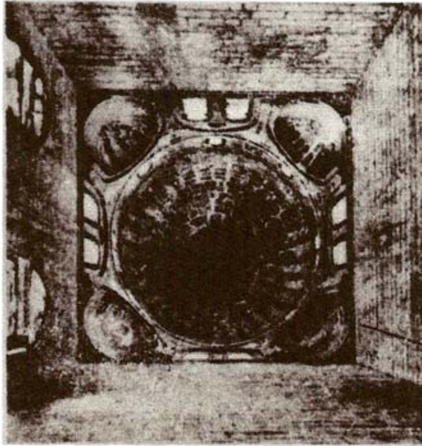
الشكل (٨٠) : بالصفحة المقابلة (فوق) منظر لنافورة في منزل تقليدي بالقاهرة. (انظر ص ١٢١).

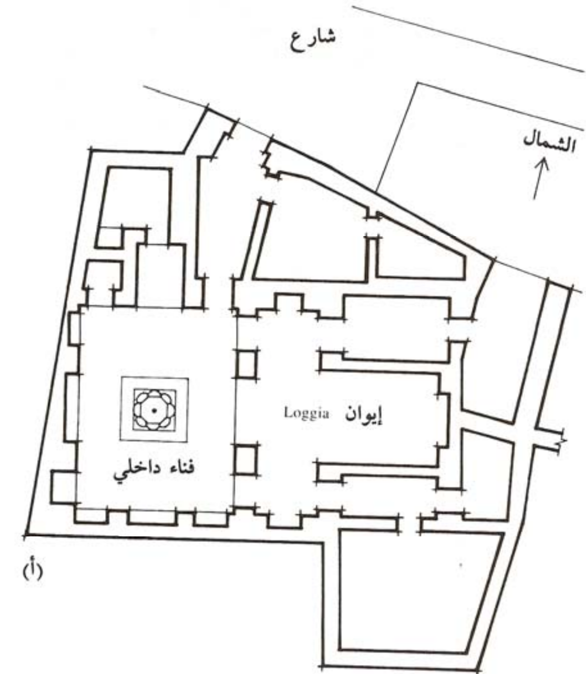
الشكل (٨١) : (تحت) يميناً ويساراً (أ) مسقط أفقي لمنزل بالفسطاط بالقاهرة، مبيناً نافورة في وسط الفناء، (ب) مسقط أفقي لقاعة الحرمين في المملكة العربية السعودية، مبيناً نافورة في وسط الدور قاعة، (جـ) منظر لقبة على مقرنصات. (انظر ص ١٢٢).



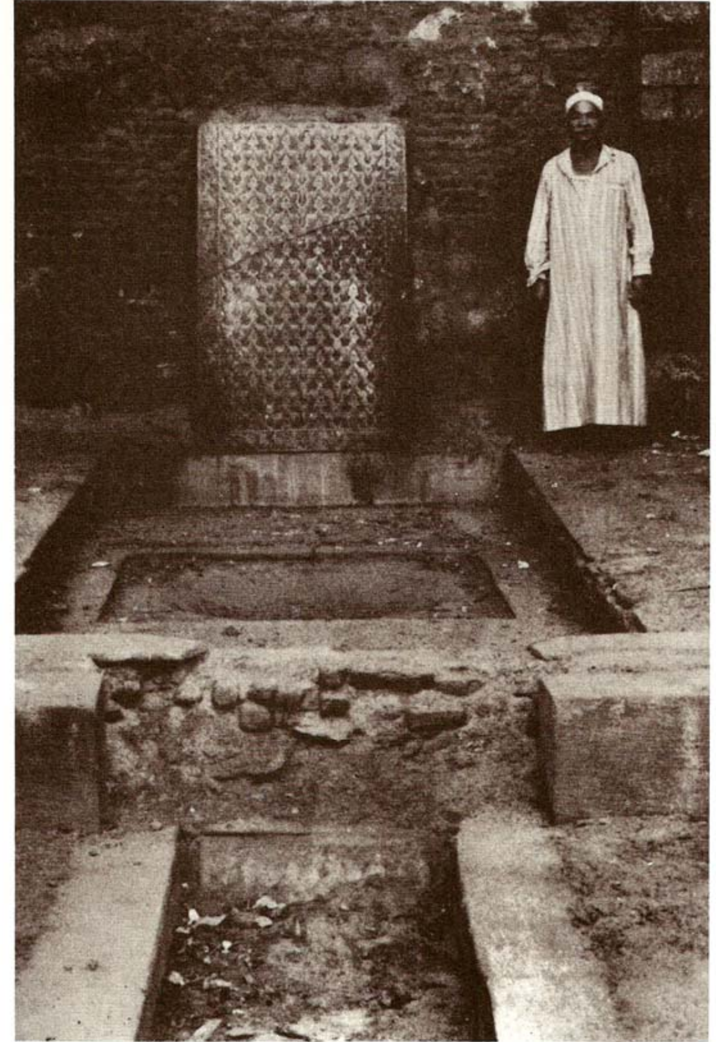


(ب)

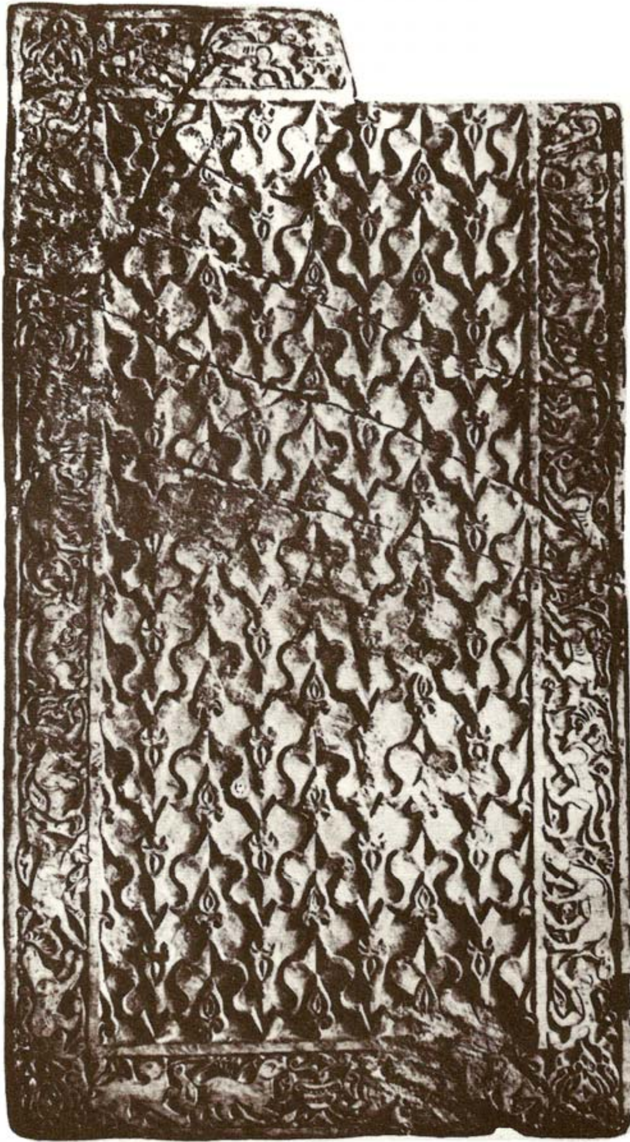




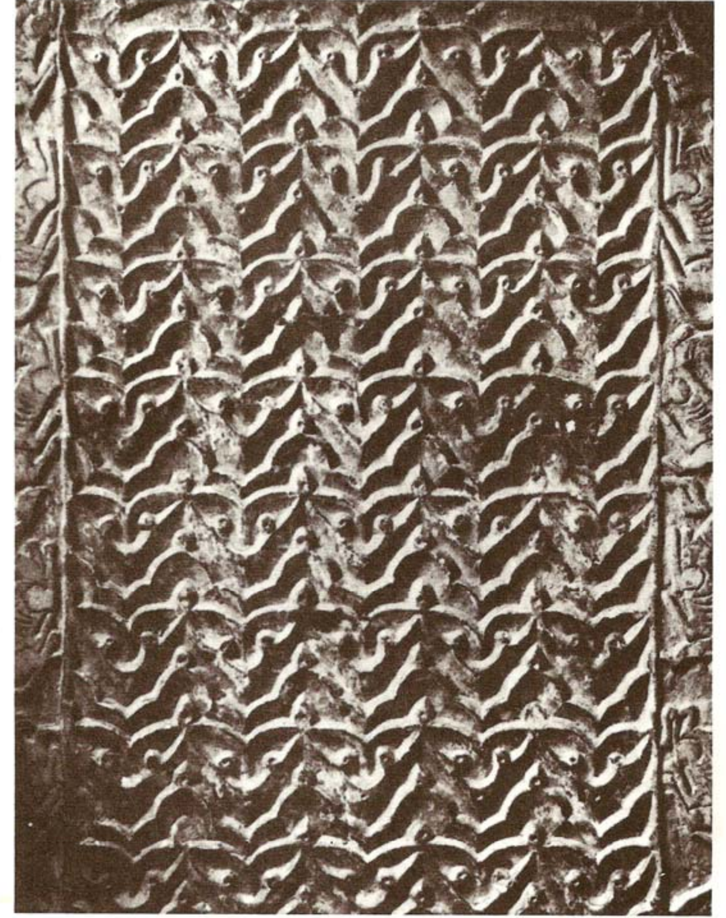
(أ)



الشكل (٨٢) : سلسبيل في مصر . (انظر ص ١٢٢).



الشكل (٨٣) : سلسبيل. (انظر ص ١٢٢).



الشكل (٨٤) : سلسبيل. (انظر ص ١٢٢).

خاتمة

Postscript

إن الإنسان قادر على إضفاء صفة الجمالية على كلّ ما هو من صنع يده. وهو قادر أيضاً على سدّ حاجاته المادية والروحية بتفاعله مع البيئة المحيطة به، مستخدماً المواد ومصادر الطاقة الطبيعية. وتتكوّن الحضارة نتيجة للتفاعل بين الإنسان والبيئة المحيطة به. وقد قامت حضارات عديدة ومختلفة بفعل اختلاف الشعوب والبيئة (environment). والعمارة التقليدية من أبرز مظاهر هذا التفاعل.

ولم يحدث أن قلّت العناية بالمظهر الجمالي عنها بالجانب الوظيفي وذلك فيما يتعلق بتطوير واستخدام السلسبيل والنافورة والطوب المثقوب (claustra) والأفكار المعمارية الأخرى المتعلقة بالظلال وحركة الهواء، بالرغم من أن هذه الوسائل والأفكار المعمارية يبدو أنها تفقد أهميتها وذلك مقابل السهولة والراحة اللتين توفرهما الحلول الميكانيكية. ونتيجة للاستعمال غير المحدود للآلة نشأت المشكلات الحالية للطاقة في الدول الصناعية. ومن أجل ذلك كان العمل الجاد للعودة إلى مصادر الطاقة الطبيعية: كطاقة الشمس وطاقة الرياح. وفي هذا المجال، يمكن أن تكون الحلول التقليدية التي طوّرتها أجيال من المجتمعات التقليدية في عمارتها التقليدية بالاعتماد فقط على المصادر الطبيعية للطاقة ـ ذات فائدة عظيمة لفتح آفاق جديدة من البحث والتطبيق.

إن العلم الحديث قادر على تطوير قدرات الإنسان من أجل استغلال المصادر الطبيعية للطاقة بشكل يفوق ما حقّقته العمارة التقليدية. بيد أن

ذلك يتطلب تطبيقاً منهجياً للعلم، ومقارنة شاملة بين الإنشاءات الحديثة والتقليدية. كما أن احترام المبادىء التي اعتمدت عليها الحلول التقليدية شرط أساسي لإحياء فن العمارة باتباع المنهج العلمي الحديث. وبغير هذه الطريقة لا يمكن للعمارة الحديثة أن تتفوّق بإنجازاتها الإنسانية والبيئية على ما قد أنجزته العمارة التقليدية في الأقاليم الحارّة الجافة من العالم.

وتدل الأمثلة المقدّمة هنا على مدى فائدة تقييمنا الدقيق لتراثنا، كما توفّر بعضها فرصاً حقيقية للمحافظة على التراث التقليدي واستمرارية تطوّره. لذا يجب علينا تحديد ما يصلح منها كحلول ـ قابلة للتطوير ـ لكثير من المعضلات التي تواجه العمارة في المناطق الحارّة الجافة وفي كل محيط وحضارة، وفي مجالات أخرى عديدة. ومما لا شك فيه أن مثل هذا المجهود سيصل بفكر الإنسان وحضارته إلى آفاق جديدة.

المَلاحِق

الملحق رقم (١)

بيانات متعلقة ببخار الماء المشبع

الجدول (أ ١ ـ ١) قيم الكثافة والضغط لبخار الماء المشبع تحت درجات حرارة مختلفة وتحت ضغطٍ جويٍّ مساوٍ لقيمته عند منسوب سطح البحر (٧٦٠ مم زئبق (Hg) أو ١٤,٧ رطل / بوصة المربعة).

درجة الحرارة		الكثافة		الضغط		
س°	ف°	ع/م³	حُبَيبة/ قدم³	مليبار	مم/ زئبق	بوصة / زئبق
٣٤	٩٣,٢	٣٧,٦٦	١٦,٤٦	٥٣,٢٦	٣٩,٩٥	١,٥٧٣
٣٢	٨٩,٦	٣٣,٨٧	١٤,٨٠	٤٧,٦٠	٣٥,٧٠	١,٤٠٦
٣٠	٨٦,٠	٣٠,٤٣	١٣,٣٠	٤٢,٤٨	٣١,٨٦	١,٢٥٤
٢٨	٨٢,٤	٢٧,٢٩	١١,٩٣	٣٧,٨٤	٢٨,٣٨	١,١١٧
٢٦	٧٨,٨	٢٤,٤٣	١٠,٦٨	٣٣,٦٥	٢٥,٢٤	٠,٩٩٤
٢٤	٧٥,٢	٢١,٨٣	٩,٥٤	٢٩,٨٦	٢٢,٤٠	٠,٨٨٢
٢٢	٧١,٦	١٩,٤٦	٨,٥٠	٢٦,٤٥	١٩,٨٤	٠,٧٨١
٢٠	٦٨,٠	١٧,٣٣	٧,٥٧	٢٣,٤٠	١٧,٥٥	٠,٦٩١
١٨	٦٤,٤	١٥,٤٠	٦,٧٣	٢٠,٦٥	١٥,٤٩	٠,٦١٠
١٦	٦٠,٨	١٣,٦٦	٥,٩٧	١٨,١٩	١٣,٦٤	٠,٥٣٧
١٤	٥٧,٢	١٢,٠٩	٥,٢٨	١٥,٩٩	١١,٩٩	٠,٤٧٢
١٢	٥٣,٦	١٠,٦٨	٤,٦٧	١٤,٠٣	١٠,٥٢	٠,٤١٤
١٠	٥٠,٠	٩,٤٢	٤,١٢	١٢,٢٨	٩,٢١	٠,٣٦٣
٨	٤٦,٤	٨,٢٨	٣,٦٢	١٠,٧٢	٨,٠٤	٠,٣١٧
٦	٤٢,٨	٧,٢٧	٣,١٨	٩,٣٥	٧,٠١	٠,٢٧٦
٤	٣٩,٢	٦,٣٧	٢,٧٨	٨,١٣	٦,١٠	٠,٢٤٠
٢	٣٥,٦	٥,٥٧	٢,٤٣	٧,٠٥	٥,٢٩	٠,٢٠٨
صفر	٣٢,٠	٤,٨٦	٢,١٢	٦,١١	٤,٥٨	٠,١٨٠
-٢	٢٨,٤	٤,١٥	١,٨١	٥,١٨	٣,٨٩	٠,١٥٣
-٤	٢٤,٨	٣,٥٤	١,٥٥	٤,٣٩	٣,٢٩	٠,١٣٠
-٦	٢١,٢	٣,٠١	١,٣٢	٣,٧٠	٢,٧٨	٠,١٠٩
-٨	١٧,٦	٢,٥٦	١,١٢	٣,١٢	٢,٣٤	٠,٠٩٢
-١٠	١٤,٠	٢,١٦	٠,٩٤	٢,٦٢	١,٩٦	٠,٠٧٧

المصدر: كتيّب الكيمياء والفيزياء. روبرت س. ويست، ملفين ج. أستل. الطبعة ٦٢. مطبعة شركة المطاط، بوكاراتون فلوريدا، ١٩٨١.

الملحق رقم (٢)
مقاييس الإحساس بالراحة المتعلقة بالمحيط الحراريّ

لقد تمّ وضع عدة مقاييس للراحة المقرونة بالمحيط الحراريّ يظهر أحدها في الجدول (أ ـ ١). يحتوي هذا المقياس على ١٥ درجة من درجات الراحة أو عدم الراحة وذلك فيما يتعلق بالحرارة والرطوبة. ويحتوي أيضاً على ٥ درجات فيما يتعلق بنقاء الهواء.

جدول (أ٢ ـ ١) مقياس الإحساس بالراحة المتعلقة بالمحيط الحراريّ

الحرارة		الرطوبة		نقاء الهواء	
فائق الحرّ	+٧	فائق الرطوبة	+٧		
شديد الحرّ	+٦	عالي الرطوبة	+٦		
حارّ جداً	+٥	نديّ جداً	+٥		
حارّ	+٤	نديّ	+٤	مزعج الاستنشاق	+٢
دافىء جداً	+٣	رطب جداً	+٣		
دافىء	+٢	رطب	+٢	غير مريح الاستنشاق	+١
دافىء باعتدال	+١	معتدل الرطوبة	+١		
عاديّ	صفر	عاديّ	صفر	مريح الاستنشاق	صفر
معتدل البرودة	ـ ١	جافّ باعتدال	ـ ١		
بارد باعتدال	ـ ٢	جاف	ـ ٢	نقيّ	ـ ١
زائد البرودة باعتدال	ـ ٣	جاف جداً	ـ ٣		
بارد	ـ ٤	الجفاف الشديد	ـ ٤	نقيّ جداً	ـ ٢
بارد جداً	ـ ٥	جاف للغاية	ـ ٥		
البرودة البالغة	ـ ٦	الجفاف البالغ	ـ ٦		
البرودة غير المحتملة	ـ ٧	الجفاف غير المحتمل	ـ ٧		

جدول أ ٢. ٢. لوحة بيانات نمطيّة للرصدات الخاصّة بكل من الظروف المحيطيّة (البيئيّة) والراحة المتعلقة بالمحيط الحراريّ:

حالة الطقس في الخارج		التاريخ
وصف الحجرة		المكان
أداة القياس	المقياس	الرصدات ١ ٢ ٣
وقت أخذ الرصدة		
مِرطاب دُوَّاميّ	°س للبصيلة اجافّة	
	°س للبصيلة الرطبة	
	°س للبصيلة الرطبة	
	فرق دزجات الحرارة	
من الجداول أو الرسم (البيانيّ)	الرطوبة النسبيّة ٪	
من الجداول أو الرسم (البيانيّ)	نقطة الندى	
محرار كرويّ البصيلة	°س م. كـ.	
محرار مُفَضَّض	°س م ف	
محرار هابط Kata Thermometer	فترات التبريد	
المعامل:		
المدى:		
كرويّ البصيلة أم مفضّض	طاقة التبريد	
من النوموجرام	سرعة الهواء	
درجة الحرارة الفعّالة		
(نوموجرام ذو مقياس عادي)	°س حـ. ف	
درجة الحرارة الفعّالة		
(نوموجرام ذو مقياس أساسي)	°س حـ. ف. أ	
درجة الحرارة الفعّالة المصحّحة		
(نوموجرام ذو مقياس أساسي)	°س حـ. ف. م	
متوسط دجحة حرارة المحيط	°س م. حـ. م	
نوموجرام درجة الحرارة المكافئة	°س حـ. كـ.	
إحساسات الراحة المتعلقة بالمحيط الحراري		
نوع الإحساس:	الزمن	
أ. حراريّ		
ب. رطوبيّ		
جـ. انتعاشيّ		

الاسم .... نوع العمل .... الوزن ....

العمر والجنس .... آخر وجبة طعام: وقت تناولها ....

طبيعتها ....

الملابس ....

الملحق رقم (٣)
بيانات متعلقة بالمنافذة الحراريّة

جدول (٣ - ١): معاملات الإنفاذيّة الحراريّة لمواد مختلفة للحوائط ومجموعات مؤتلفة منها، مقاسة بوحدات كـ سعر / ع م^{٢} س°.

مادة الحائط	سمك الحائط (بالمتر)						
	٠,١٢	٠,٢٥	٠,٣٨	٠,٥١	٠,٦٤	٠,٧٧	٠,٩٠
طوب أحمر							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٢,٦٠	١,٨٠	١,٣٧	١,١١	٠,٩٣	٠,٨٠	٠,٧٠
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٢,٥٠	١,٧٠	١,٣٤	١,٠٩	٠,٩١	٠,٧٩	٠,٦٩
حائط خارجي ببياض على الجانب الداخلي	١,٩٠	١,٣٣	١,٠٤	٠,٨٥	٠,٧١	٠,٦٢	٠,٥٥
طوب خرساني خفيف							
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٢,٠٠	١,٢٥	٠,٩٣	٠,٧٣	٠,٦٠	...	...
حائط داخلي ببياض على الجانبين	١,٧٠	١,١٢	٠,٨٥	٠,٦٨	٠,٥٧	...	...
طوب الرمل الجيري							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٢,٩٠	٢,٠٠	١,٦٠	١,٢٧	١,٠٨	٠,٩٣	٠,٨٢
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٢,٧٠	١,٩٠	١,٥٠	١,٢٣	١,٠٥	٠,٩١	٠,٨١
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٢,١٠	١,٦٠	١,٢٤	١,٠٣	٠,٨٩	٠,٧٨	٠,٦٩

	سمك الحائط (بالمتر)						
	٠,٣٠	٠,٤٠	٠,٥٠	٠,٦٠	٠,٧٠	٠,٨٠	٠,٩٠
حجر جيري ببياض على الجانب الخارجي							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٢,٤٠	٢,٠٠	١,٨٠	١,٦٠	١,٤٥	١,٣٣	١,٢٢
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٢,٣٠	٢,٠٠	١,٨٠	١,٦٠	١,٤١	١,٣٠	١,١٩
حائط داخلي ببياض على الجانبين	١,٩٠	١,٧٠	١,٥٠	١,٣٧	١,٢٥	١,١٦	١,٠٨

حجر كثيف ويشمل ذلك الرخام والغرانيت							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٢,٩٠	٢,٦٠	٢,٤٠	٢,٢٠	٢,٠٠	١,٩٠	١,٧٠
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٢,٨٠	٢,٥٠	٢,٣٠	٢,١٠	١,٩٠	١,٨٠	١,٧٠
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٢,٢٠	٢,٠٠	١,٩٠	١,٨٠	١,٦٠	١,٥٠	١,٤٥

	سمك الحائط (بالمتر)						
	٠,٠٥	٠,١٠	٠,١٥	٠,٢٠	٠,٣٠	٠,٤٠	٠,٥٠
خرسانة (زلط، إسمنت، رمل)							
حائط خارجي بدون بياض	٤,٢٠	٣,٦٠	٣,١٠	٢,٧٠	٢,٢٠	١,٨٠	١,٦٠
حائط داخلي بدون بياض	٣,١٠	٢,٧٠	٢,٤٠	٢,٢٠	١,٨٠	١,٦٠	١,٣٦
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٣,٥٠	٣,٠٠	٢,٧٠	٢,٤٠	٢,٠٠	١,٧٠	١,٤٤
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٢,٧٠	٢,٤٠	٢,٢٠	٢,٠٠	١,٧٠	١,٤٤	١,٢٧

	سمك الحائط (بالمتر)						
	٠,١٢	٠,٢٥	٠,٣٨	٠,٥١	٠,٦٤	٠,٧٧	٠,٩٠
حائط مزدوج من الطوب الأحمر							
تبلغ الفجوة في داخله ٥ - ١٢ سم وبياض على الجانبين..		١,٣٨	١,١١	٠,٩٣	٠,٨١	٠,٧٠	٠,٦٣
حائط من الطوب الأحمر العادي معزول من الداخل بطبقة من الفلّين (cork)							
سُمك العازل ٢ سم	١,١١	٠,٩٣	٠,٨٠	٠,٧٠	٠,٦٣	٠,٥٧	٠,٥٢
سُمك العازل ٥ سم	٠,٦١	٠,٥٥	٠,٥٠	٠,٤٦	٠,٤٣	٠,٤٠	٠,٣٧
سُمك العازل ١٠ سم	٠,٣٤	٠,٣٣	٠,٣١	٠,٢٩	٠,٢٨	٠,٢٧	٠,٢٥

جدول (أ ٣-٢): قيم معاملات الإنفاذية الحرارية لمواد مختلفة للحيطان ومجموعات مؤتلفة منها بوحدات و. حـ. ب/ ع قدم² ف°.

مادة الحائط	سُمك الحائط (بالبوصة)						
	٤,٧	٩,٨	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
طوب أحمر							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٠,٥٣٣	٠,٣٦٩	٠,٢٨١	٠,٢٢٧	٠,١٩٠	٠,١٦٤	٠,١٤٣
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٥١٢	٠,٣٤٨	٠,٢٧٤	٠,٢٢٣	٠,١٨٦	٠,١٦٢	٠,١٤١
حائط خارجي ببياض على الجانب الداخلي	٠,٣٨٩	٠,٢٧٢	٠,٢١٣	٠,١٧٤	٠,١٤٥	٠,١٢٧	٠,١١٣
طوب خرساني خفيف							
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٤١٠	٠,٢٥٦	٠,١٩٠	٠,١٥٠	٠,١٢٣	...	...
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٣٤٨	٠,٢٢٩	٠,١٧٤	٠,١٣٩	٠,١١٧	...	...
طوب الرمل الجيريّ							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٠,٥٩٤	٠,٤١٠	٠,٣٢٨	٠,٢٦٠	٠,٢٢١	٠,١٩٠	٠,١٦٨
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٥٥٣	٠,٣٨٩	٠,٣٠٧	٠,٢٥٢	٠,٢١٥	٠,١٨٦	٠,١٦٦
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٠,٤٣٠	٠,٣٢٨	٠,٢٥٤	٠,٢١١	٠,١٨٢	٠,١٦٠	٠,١٤١
	سمك الحائط (بالبوصة)						
	١٢	١٦	٢٠	٢٤	٢٨	٣١	٣٥
حجر جيري							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٠,٤٩٢	٠,٤١٠	٠,٣٦٩	٠,٣٢٨	٠,٢٩٧	٠,٢٧٢	٠,٢٥٠
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٤٧١	٠,٤١٠	٠,٣٦٩	٠,٣٢٨	٠,٢٨٩	٠,٢٦٦	٠,٢٤٤
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٠,٣٨٩	٠,٣٤٨	٠,٣٠٧	٠,٢٨١	٠,٢٥٦	٠,٢٣٨	٠,٢٢١

حجر كثيف ويشمل ذلك الرخام والغرانيت							
حائط خارجي ببياض على الجانب الخارجي	٠,٥٩٤	٠,٥٥٣	٠,٤٩٢	٠,٤٥١	٠,٤١٠	٠,٣٨٩	٠,٣٤٨
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٥٧٣	٠,٥١٢	٠,٤٧١	٠,٤٣٠	٠,٣٨٩	٠,٣٦٩	٠,٣٤٨
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٠,٤٥١	٠,٤١٠	٠,٣٨٩	٠,٣٦٩	٠,٣٢٧	٠,٣٠٧	٠,٢٩٧
	سمك الحائط (بالبوصة)						
	٢	٤	٦	٨	١٢	١٦	٢٠
خرسانة (زَلَط) وأسمنت ورمل)							
حائط خارجي بدون بياض	٠,٨٦٠	٠,٧٣٧	٠,٦٣٥	٠,٥٥٣	٠,٤٥١	٠,٣٦٩	٠,٣٢٨
حائط داخلي بدون بياض	٠,٦٣٥	٠,٥٥٣	٠,٤٩٢	٠,٤٥١	٠,٣٦٩	٠,٣٢٧	٠,٢٧٩
حائط خارجي ببياض على الجانبين	٠,٧١٧	٠,٦١٤	٠,٥٥٣	٠,٤٩٢	٠,٤١٠	٠,٣٤٨	٠,٢٩٥
حائط داخلي ببياض على الجانبين	٠,٥٥٣	٠,٤٩٢	٠,٤٥١	٠,٤١٠	٠,٣٤٨	٠,٢٩٥	٠,٢٦٠
	سمك الحائط (بالبوصة)						
	٤,٧	٩,٨	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
حائط مزدوج من الطوب الأحمر تبلغ الفجوة في داخله ١٣-٣١ سم وببياض على الجانبين		٠,٢٨٣	٠,٢٢٧	٠,١٩٠	٠,١٦٦	٠,١٤٣	٠,١٢٩
حائط من الطوب الأحمر العادي معزول من الداخل بطبقة من الفلين (Cork):							
سُمك العازل ٠,٨ بوصة	٠,٢٢٧	٠,١٩٠	٠,١٦٤	٠,١٤٣	٠,١٢٩	٠,١١٧	٠,١٠٧
سمك العازل ٢ بوصة	٠,١٢٥	٠,١١٣	٠,١٠٢	٠,٠٩٤	٠,٠٨٨	٠,٠٨٢	٠,٠٧٦
سمك العازل ٤ بوصة	٠,٠٧٠	٠,٠٦٨	٠,٠٦٣	٠,٠٥٩	٠,٠٥٧	٠,٠٥٥	٠,٠٥١

الملحق رقم (٤)
زوايا الانحراف والارتفاع فوق الأفق
لمدينة القاهرة بمِصْر

زوايا الانحراف عن الشمال والارتفاع عن الأفق عند خط عرض ٣٠° شمالاً الواقعة عليه مدينة القاهرة بمصر.

الساعة	٢١ يونيو الانقلاب الصيفيّ		٢١ مارس أو ٢١ سبتمبر الاعتدال الربيعي والخريفي		٢١ ديسمبر الانقلاب الشتوي	
	زاوية الانحراف	زاوية الارتفاع فوق الأفق	زاوية الانحراف	زاوية الارتفاع فوق الأفق	زاوية الانحراف	زاوية الارتفاع فوق الأفق
٥:٠٣	٦٢°٤٠'	الشروق – صفر	...	...	...	...
٦: -	٦٩°٢٤'	١١°٢٧'	٩٠°٠٠'	الشروق – صفر	...	...
٧: -	٧٥°٤٢'	٢٣°٥١'	٩٧°٢٤'	١٢°٥٧'	١١٧°٢٠'	الشروق – صفر
٨: -	٨١°٤٨'	٣٦°٣٥'	١٠٦°٥٣'	٢٥°٤٠'	١٢٥°٥٠'	١١°٢٧'
٩: -	٨٨°١٣'	٤٩°٣٠'	١١٦°٢٧'	٣٧°٤٥'	١٣٥°٢٤'	٢١°١٨'
١٠: -	٩٦°٣٤'	٦٢°٢٨'	١٣٠°٠٠'	٤٨°٣٦'	١٤٨°٣٦'	٢٩°١٨'
١١: -	١١٢°٣٤'	٧٥°٠٥'	١٥١°١١'	٥٦°٤٣'	١٦٣°١٥'	٣٤°٤٠'
١٢: -	١٨٠°٠٠'	٨٣°٢٦'	١٨٠°٠٠'	٦٠°٠٠'	١٨٠°٠٠'	٣٦°٣٤'
١٣: -	٢٤٧°٥٦'	٧٥°٠٥'	٢٠٨°٤٩'	٥٦°٤٣'	١٩٦°٤٥'	٣٤°٤٠'
١٤: -	٢٦٣°٥٦'	٦٢°٢٨'	٢٣٠°٠٠'	٤٨°٣٦'	٢١١°٢٤'	٢٩°١٨'
١٥: -	٢٧١°٧٧'	٤٩°٣٠'	٢٤٣°٣٣'	٣٧°٤٥'	٢٢٤°٠٦'	٢١°١٨'
١٦: -	٢٧٨°١٢'	٣٦°٢٥'	٢٥٣°٠٧'	٢٥°٤٠'	٢٣٤°١٠'	١١°٢٧'
١٧: -	٢٨٤°١٨'	٢٣°٥١'	٢٦٢°٣٦'	١٢°٥٧'	٢٤٢°٤٠'	الغروب على الساعة ١٦:٥٧
١٨: -	٢٩٠°٦٦'	١١°٢٧'	٢٧٠°٠٠'	الغروب – صفر		
١٨:٥٨	٢٩٧°٢٠'	الغروب – صفر				

قائمة وشرح للمصطلحات المعمارية بالأقاليم الموضحة في هذا الكتاب

- بادجير (Badgir): نوع من ملقف الريح تتدفق الريح إلى داخله من جهات عدة، عادة أربع وأحياناً اثنتان. ويوجد في داخله حاجز بارتفاع المجرى العمودي (المهوي) يعمل على منع الهواء الداخل من إحدى فتحاته العلوية من الخروج مباشرة من فتحة علوية أخرى. وقد تطور البادجير تطوراً كبيراً في إيران والبلاد العربية المحيطة بالخليج. والكلمة الفارسية له هي «بادكَير» (badgir) ويبدو أن الكلمة العربية مشتقة منها.
- كاسرات الشمس (Brise-Soleil): بروز أو عوارض أو مشبك يستخدم لحجب أشعة الشمس غير المرغوب فيها.
- الطوب المفتوح (المثقوب) (Claustrum): نماذج أو قوالب زخرفية تسمح بمرور الهواء من خلالها.
- دور قاعة (Dur-qàa): الحيز الذي يتوسط القاعة.
- إيوان (Iwan): حيز مغطى ومرتد يطل على وسط القاعة أي على الدور قاعة، أو يطل على فناء من خلال رواق مظلل (Loggia).
- جالي (Jali): شبكة منخلية تستعمل في جنوب آسيا وتسمح للهواء بالمرور من خلالها، تكتب أيضاً (jally) أو (jalee) وهي مشتقة من اللغة الهندية.
- كونجه (Kunja): الحيز المحصور بين الأكتاف، هذه الكلمة جاءت من التي تدعم الجدران الحاملة لسقف القاعة. وتكون أرضيته مرتفعة قليلة ويستخدم للجلوس أو كخزانة مبنية (built-in). ومن المحتمل أن تكون الكلمة الفارسية كنج (Kunj) وتعني زاوية أو ركناً (Corner or nook).

- رواق (Loggia): حيز مظلل وأحياناً ذو أعمدة (Pillared) مفتوح يقع على جانب المبنى وبارتفاع طابق أو أكثر ويكون غير بارز عن سطح المبنى.
- مضيفة (Madyfa): دار الضيافة أو حجرة الضيوف.
- ملقف (Malqaf): جزء للقف الهواء في أحد الأجزاء المرتفعة من المبنى.
- مشربية (Mashrobiya): مشبكات منخلية خشبية يمكن وضعها فوق نافذة لقاعة أو دور قاعة أو فوق نافذة بارزة عن سطح واجهة المبنى (oriel window) أو في أماكن أخرى.
- قاعة (Qà a): حجرة رئيسة في المنزل أو المبنى تستخدم عادة لاستقبال الضيوف من الرجال.
- صحن (Sahn): فناء داخلي.
- صهريجي (Sahrigi): نمط من المشربيات تكون فيه الفتحات كبيرة، ويوضع في العادة فوق نسق آخر أضيق منه وذلك للسماح للهواء بالمرور من خلاله.
- سلسبيل (Salsabil): نمط من أنماط النافورة (الفسقية) مكون من بلاطة رخامية مزخرفة ومائلة بحيث تنساب فوقها المياه.
- مقرنص (Squinch): دعامة مستوية أو بشكل قوس توضع في ركن الحجرة العلوي وترتكز على الجدارين المكوّنين لزاوية الركن وتحمل فوقها كتلة السقف.
- تابلينم (Tablinum): حجرة أو حيز تطل على القاعة المركزية (atrium) من جهة وعلى بهو أعمدة (peristyle) من جهة أخرى وذلك كما في المنازل الرومانية القديمة.
- تختبوش (Takhtabush): حيز خارجي مغطى على منسوب سطح الأرض يستخدم للجلوس ويقع بين الفناء الداخلي الرئيسي وفناء داخلي آخر قد يكون حديقة خلفية.

بعض المراجع المختارة

- **فروخ أفشر**، ألن كين، جون نورتون، م. ر. داردي. «عمان: المشاكل والقدرات الكامنة للعمارة المحلية» تقرير جماعة التطور، لندن، كلية العمارة التابعة لجمعية العمارة ١٩٧٤.
- Afshar Farroukh, Allan Cain, John Norton, and M.R. Dardie. *Oman: Problems and Potentials of Indigenous Building.* Development Workshop Report. London: Architectural Association School of Architecture, 1974.
- إيه. إي. أس. ألكوك، اتش. أم. ريتشاردز. **كيفية التصميم للمناخ**. لندن: لونغمان، ١٩٦٠.
- Alcock, A.E.S., and H.M. Richards. *How to Build for Climate.* London: Longman. 1960.
- «العمارة والطاقة». مجلة **آركيتكتشرال فورام**. ١٣٤، رقم ١ (يوليو - أغسطس ١٩٧٣): ١ - ١١٢.
- «Architecture and Energy.» *Architectural Forum* 134, no. 1 (July-August 1973): 1-112.
- إيه. جيه. أرونن. **المناخ والعمارة**. نيويورك: راينهولد للنشر، ١٩٥٣.
- Aronin, A.J. *Climate and Architecture.* New York: Reinhold Publishing, 1953.
- محمد إسلام. **بحث في مواد البناء لمجلس البحث العلمي والصناعي الباكستاني**. كراتشي: **مجلس البحث العلمي والصناعي الباكستاني**، ١٩٦٤.
- Aslam, Mohammad. *Research on Building Materials at Pakistan Council of Scientific and Industrial Research.* Karachi: Pakistan Council of Scientific and Industrial Research, 1964.

- جي. إيه اتكنسون. «مقدمة في تصميم المبـاني بالمنـاطق الحارة» **مجلة آركيتكتشرل دزاين** ٢٣ (تشرين الأول - اكتوبر ١٩٥٣): ٢٦٨.
- Atkinson, G.A. «An Introduction to Tropical Building Design.» *Architectural Design* 23 (October 1953): 268.
- جي. إيه. اتكنسون. التصميم والبناء في المناطق الحارة. نشرة الأمم المتحدة للإسكان والمدن والأرياف رقم ٦. نيويورك، الأمم المتحدة. ١٩٥٦.
- Atkinson, G.A. *Design and Construction in the Tropics.* United Nations Housing and Town and Country Bulletin no.6. New York: United Nations. 1956.
- جي. إيه. اتكنسون. «مبادىء التصميم للمناطق الحارة». مجلة آركيتكتشرال ريفيو ١٢٨ رقم ٧٦١ (١٩٦٠).
- Atkinson, G.A. «Principles of Tropical Design.» *Architectural Review* 128, no. 761 (1960).
- مهدي بهادوري. «أنظمة التبريد التقليدية في العمارة الإيرانية». **سيانتفك أمريكان** ٢٣٨ رقم ٢ (شباط - فبراير: ١٩٧٨): ١٤٤.
- Bahadori, Mehdi. «Passive Cooling Systems in Iranian Architecture.» *Scientific American* 238, no. 2 (February 1978): 144.
- آرثر باون، يوجين كلارك، كينيث لابز. التبريد بالوسائل التقليدية: **محضر جلسات المؤتمر العالمي للتبريد الصحي**. نيويورك، نيوجرسي: ديل/ الجمعية العالمية للطاقة الشمسية، ١٩٨١.
- Bowen, Arthur, Eugene Clark, and Kenneth Labs. *Passive Cooling: Proceedings of the International Hybrid Cooling Conference.* Newark, N.J.: Dell/ International Solar Energy Society, 1981.
- هيئة أبحاث البناء التابعة للمجلس الوطني للأبحاث. **السقوف في الدول النامية: البحث عن تكنولوجيا جديدة**. واشنطن دي. س: الأكاديمية الوطنية للعلوم - المجلس الوطني للأبحاث. ١٩٧٤.
- Building Research Board of the National Research Council. *Roofing in Developing Countries: Research for New Technologies.* Washington, D.C.: National Academy of Sciences—National Research Council, 1974.
- آر. كالدر. الإنسان في مواجهة الصحراء ميستيك، كونيكتكت: شركة فيري ولورنس. ١٩٥٨.

- Calder, R. *Man against the Desert.* Mystic, Conn.: Verry, Lawrence, Inc., 1958.

ـ مكيلر آر. كامبل. «التصميم من أجل توفير الراحة في المناخ الحار». **مجلة تروبيكال بيلدنج ستادير** (قسم العمارة، جامعة ملبورن) ٢ رقم ٢ (١٩٥٦).
- Campbell, R. McKellar. «Designing for Comfort in a Tropical Climate.» *Tropical Building Studies* (Department of Architecture, University of Melbourne) 2, no. 2 (1965).

ـ آر. دبليو. كليلاند. «البناء في المناخات الحارة». **مجلة بلندج أيدياز** (مواد بناء سي. أس. آر. برسبين)، ٢، رقم ١٠، (١٩٦٤).
- Cleland, R.W. «Building for Tropical Climates». *Building Ideas* (C.S.R. Building Materials. Brisbane) 2. no. 10 (1964).

ـ **تصميم المسكن والمناخ**. نيويورك: الأمم المتحدة. ١٩٧١.
- *Climate and House Design* New York: United Nations, 1971.

ـ «دراسة لمساكن ذات تصميم ملائم للمناخ المحلي: دراسة أمثلة لمساكن إيرانية من يزد وأصفهان». **آركيتكتشرال دزاين ٣٩ رقم ٨ (١٩٦٩).**

- «Consideration of Houses Adapted to Local Climate—Case Studies of Iranian Houses in Yazd and Isfahan.» *Energy and Buildings*, no. 4 (1969).

ـ حسن فتحي. **عمارة الفقراء: تجربة من الريف المصري**. شيكاغو: مطبعة جامعة شيكاغو. ١٩٧٣.
- Fathy, Hassan. *Architecture for the Poor: An Experiment in Rural Egypt* Chicago: University of Chicago Press, 1973.

ـ جيمس مارستون فيتش، دي. بي. برانش. «العمارة البدائية والمناخ». **سيانتفك أمريكان ٢٠٣** رقم ٣ ديسمبر (١٩٦٠) ١٣٤ ـ ١٤٤.
- Fitch, James Marston, and D.P. Branch. «Primitive Architecture and Climate.» *Scientific American* 203, no.6 (December 1960): 134-144.

ـ ماكسويل فراي، جين درو. عمارة **المناطق الحارة في المناطق الجافة والرطبة**. هنتيجتون، نيويورك: روبرت أي كريجر. ١٩٦٤.
- Fry, Maxwell, and Jane Drew. *Tropical Architecture in the Dry and Humid Zones.* Huntington, N.Y.: Robert E. Krieger, 1964.

ـ آر. جايجر. المناخ قرب سطح الأرض. كمبردج، ماساتشوسيتس: مطبعة جامعة هارفارد، ١٩٦٥.
- Geiger, R. *The Climate Near the Ground.* Cambridge, Mass: Harvard University Press 1965.

ـ بي. جيفوني. **الإنسان والمناخ والعمارة**. اسكس، الطبعة الثانية، انجلترا: مجلة أبلايدسنيس، ١٩٧٦.
- Givoni, B. *Man, Climate and Architecture* 2d ed. Essex, England: Applied Science, 1976.

ـ بي. جيفوني، آر. شلدون، «أثر أنماط السقوف وطرق إنشائها على الأحوال في داخل المبنى في بئر سبع». ورقة بحث رقم ١١، مركز أبحاث البناء، حيفا، ١٩٦٢.

-Givoni, B., and R. Sheldon. «Influence of Roof Types and Construction on Indoor Conditions in Beersheba». Research Paper no. 11, Building Research Station, Haifa, 1962.

ـ جيدون جولاني. **العمارة في المناطق الجافة**. لندن: المطبعة المعمارية. ١٩٧٩.
- Golany, Gideon. *Architecture in the Arid Zone.* London: Architectural Press, 1979.

ـ أو. أتش كونجزبرغر، تي. جي. انجرسول، ايه ميهيو، أس. في. زوكولاي.
- Koenigsberger, O.H., T.G. Ingersoll, A. Mayhew, and S.V. Szokolay. *Manual of Tropical Housing and Building Design: Part 1, Climatic Design.* London: Longman, 1973.